

Aus dem Institut für Pflanzenernährung
der Justus Liebig-Universität zu Gießen
Direktor: Professor Dr. phil. Hans Linser

**Der Einfluß einer variierten Stickstoffernährung
und varrierter Temperaturen auf den Eiweißhaushalt
des Sommerweizens**

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Landwirtschaftlichen Fakultät
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

eingereicht von

Gabriele Lach
aus Tilsit

Gießen, im Dezember 1969

1970



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Pflanzenernährung
der Justus Liebig-Universität zu Gießen
Direktor: Professor Dr. phil. Hans Linser

Der Einfluß einer variierten Stickstoffernährung und varrierter Temperaturen auf den Eiweißhaushalt des Sommerweizens

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
bei der Landwirtschaftlichen Fakultät
der Justus Liebig-Universität zu Gießen

eingereicht von

Gabriele Lach

aus Tilsit

Gießen, im Dezember 1969



Dekan: Prof. Dr. F. Großmann

1. Berichterstatter: Prof. Dr. H. Linser
2. Berichterstatter: Prof. Dr. E. v. Boguslawski

Tag der mündlichen Prüfung: 4.2.1970

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
I. Einfluß einer variierten Stickstoffernäh- rung auf den Eiweißhaushalt des Sommer- weizens	1
A. Theoretische Grundlagen	
1. Lebentragende Zellstrukturen als Voraussetzung für das biologische Wachstum	2
2. Darstellung der dieser Arbeit zu- grundeliegenden Hypothese mit den in ihrer ersten Näherung gemachten vereinfachenden Voraussetzungen	7
3. Frühere Ergebnisse zum zeitlichen Verlauf des System- und des Produkt- wachstums der Pflanze im Verlauf der Vegetation	8
4. Der Einfluß der Nährstoffversorgung auf das System- und Produktwachstum der Pflanze	10
B. Experimenteller Teil	
1. Vegetation 1968	15
Einfluß verschieden hoher, einmaliger N-Gaben auf Wachstum und Eiweißhaus- halt der Pflanze	
a. Wachstumsbeobachtungen und Frisch- gewichte	15
b. Trockenerträge	25
c. Absolute und relative Rohprotein- gehalte	27
d. Absolute und relative Reinprotein- gehalte	32
e. Nitratgehalte	37
f. Aminosäuregehalte des Proteins	42
g. Diskussion der Versuchsergebnisse	50

	Seite
2. Vegetation 1969	65
Einfluß gleichhoher, zeitlich gestaffelter N-Gaben auf Wachstum und Eiweißhaushalt der Pflanze	
a. Wachstumsbeobachtungen und Frischgewichte	65
b. Trockenerträge	73
c. Absolute und relative Rohprotein-gehalte	75
d. Absolute und relative Reinprotein-gehalte	79
e. Diskussion der Versuchsergebnisse	83
II. Einfluß variiertcr Temperaturen auf den Eiweißhaushalt des Sommerweizens	92
A. Theoretische Grundlagen	
1. Das Zusammenwirken exogener und endogener Faktoren bei der Ertragsbildung der Pflanze	92
2. Temperatur als physikalische Zustandsgröße	93
3. Abhängigkeit der Existenzfähigkeit der Makromoleküle von der Temperatur	94
4. Versuch einer Deutung des Einflusses der Temperatur auf das Wachstum	96
B. Experimenteller Teil	
1. Vegetation 1969 in Rauisch-Holzhausen	103
a. Wachstumsbeobachtungen und Frischgewichte	103
b. Trockenerträge	114
c. Relative Roh- und Reinprotein-gehalte	118
d. Absolute Roh- und Reinprotein-gehalte	121
e. Diskussion der Versuchsergebnisse	124
III. Einfluß von Chlorcholinchlorid auf den Eiweißhaushalt des Sommerweizens	134

	Seite
A. Theoretische Grundlagen	134
1. Die Wirkung endogener Faktoren auf die Ertragsbildung der Pflanze	134
B. Experimenteller Teil	
1. Vegetation 1968	135
a. Wachstumsbeobachtungen, Frischge- wichte und Trockengewichte	135
b. Relative Roh- und Reinprotein- gehalte	138
c. Diskussion der Versuchsergebnisse	139
IV. Reineiweißgehalte verschiedener Pflanzen zu Beginn der Vegetation	140
V. Zusammenfassung	144
VI. Literaturverzeichnis	149
VII. Anhang (Tabellen)	

I. Einfluß einer variierten Stickstoffernährung auf den Eiweißhaushalt des Sommerweizens

Auf der Erde leben heute etwa 3,4 Milliarden Menschen. In jeder Sekunde werden vier Menschen geboren, aber nur zwei sterben, so daß sich in 24 Stunden ein Bevölkerungszuwachs von mehr als 160 000 Personen ergibt. Nach vorsichtigen Schätzungen müssen wir mithin um die Jahrhundertwende mit einer Erdbevölkerung von 6,6 Milliarden rechnen.

Zur Deckung seines Bedarfes an Energieträgern benötigt der Mensch Nahrung, die er in Form tierischer und pflanzlicher Kost zu sich nehmen kann. Eine ausreichende Ernährung in quantitativer und qualitativer Hinsicht ist zur Aufrechterhaltung der Gesundheit und Leistungsfähigkeit erforderlich. Ziel und Aufgabe aller landwirtschaftlichen Bemühungen muß es daher sein, für eine hinreichende Deckung des Nahrungsbedarfes der heute auf unserem Planeten lebenden Menschen durch pflanzliche und tierische Produktion zu sorgen.

Da wir uns einer ungeheuren Bevölkerungszunahme gegenübersehen, müssen wir darüberhinaus aber auch versuchen, durch das Streben nach einer Erhöhung der landwirtschaftlichen Produktion oder durch die Schaffung neuer "unkonventioneller" Nahrungsquellen für eine ausreichende Ernährung der zukünftigen Generationen zu sorgen, damit es nicht zu einer katastrophalen Nahrungsknappheit kommt (BROWN, 1967, CREMER, 1969).

Es ist bekannt, daß die Produktion pflanzlichen Materials die Voraussetzung für die Sicherung der Ernährung der Menschen darstellt, da nur die autotrophe Pflanze in der Lage ist, die Strahlungsenergie der Sonne in chemische Energie organischer Verbindungen umzuwandeln. Von grundlegender Bedeutung für die Schaffung pflanzlichen Materials ist das Wachstum der Pflanze. Nur dadurch, daß die Pflanze im Laufe der Zeit ihre Substanz vermehrt, schafft sie die Voraussetzung für die Ernährung der Tiere und der

Menschen.

Wenn wir eine Erhöhung der landwirtschaftlichen Produktion anstreben, müssen wir uns demnach Einblick in den Mechanismus des Wachstums verschaffen. Denn erst wenn wir wissen, wie und warum ein Organismus wächst, können wir ihn in Zukunft aussichtsreich im Sinne einer gesteigerten Ertragsbildung beeinflussen.

Das biologische Wachstum, unter dem eine Vermehrung der Trockensubstanz einer Pflanze verstanden werden soll, kann nur an lebenden Organismen beobachtet werden. Wachstum ist somit ein an das Vorhandensein lebendigen Materials gebundener Vorgang. Lange Zeit erschien dieser Vorgang rätselhaft, da man zwar das Material, aus dem die Organismen bestehen, mittels chemischer Analysen zu bestimmen vermochte, aber nicht wußte, in welcher besonderen Anordnung dieses Material zusammentreten muß, um als lebendig zu erscheinen. Erst die jüngsten Fortschritte der Elektronenmikroskopie und der molekularen Biologie ermöglichten uns tiefere Einblicke in die Größenbereiche, in denen die Lebensvorgänge ablaufen.

A. Theoretische Grundlagen

1. Lebentragende Zellstrukturen als Voraussetzung für das biologische Wachstum

Wir wissen heute, daß sich das Wachstum als Vorgang an Strukturen abspielt, die im Protoplasma der die Organismen aufbauenden Zellen lokalisiert sind. Das Protoplasma ist mithin Träger der Lebenserscheinungen.

Die Betrachtung tierischen und pflanzlichen Materials unter dem Mikroskop zeigt jedoch, daß die Zellen nicht nur aus Bestandteilen bestehen, die Lebensfunktionen durchführen, sondern daß sie auch andere, nicht lebendige Komponenten enthalten. Die Gesamtheit des Materials, das als unmittelbarer Träger der Lebenserscheinungen betrachtet werden kann, bezeichnet man nach LINSER als lebendes

System. Die übrigen Zellmaterialien, die strukturell so beschaffen sind, wie wir es von Gegenständen der leblosen Natur gewohnt sind, bezeichnen wir als Produkte (LINSER, 1948, 1956, 1964, 1967, 1968).

Bausteine des lebenden Systems sind Makromoleküle, die unter der Wirkung zwischenmolekularer Kräfte zu größeren Strukturgebilden zusammentreten. Die Größenordnung der lebentragenden Zellstrukturen liegt daher zwischen den Makromolekülen und den mikroskopisch gerade noch sichtbaren Plasmabestandteilen (MICHAEL, 1949). Wir befinden uns also in einem Bereich, in dem wir sowohl mit den Modellvorstellungen der Physik und der Chemie als auch mit den Beobachtungen der Biologie arbeiten müssen. Erst wenn wir versuchen, von beiden Seiten her in das Gebiet der lebentragenden Strukturen einzudringen, können wir ihren Aufbau, ihre Funktionsweise und den Mechanismus des an ihre Anwesenheit gebundenen Wachstums verstehen.

Das Wachstum ist ein Vorgang, der bestimmte Ausgangsmaterialien braucht. Diese Ausgangsstoffe sind die Nährstoffe, die eine Zelle bzw. eine Pflanze ihrer Umwelt entnimmt. Die aufgenommenen Nährstoffe treten an die lebentragenden Zellstrukturen heran, werden von ihnen in chemischen Prozessen umgewandelt und lösen sich in veränderter Form wieder von ihnen ab. Bei diesem Vorgang spielen die Multienzymkomplexe als Bestandteile des lebenden Systems eine Rolle von fundamentaler Bedeutung. Sie fungieren als Katalysatoren der oben erwähnten chemischen Umwandlungen der Ausgangsmaterialien, indem sie die Reaktionen durch ihre spezifische Struktur und ein zeitweiliges Teilnehmen am Reaktionsknäuel ermöglichen. Die so umgewandelten Ausgangsmaterialien können nun zum Aufbau körpereigener Substanz verwendet werden.

Aus dem zur Verfügung stehenden Pool an Baustoffen können nun einerseits Materialien zur Vermehrung des leben-

den Systems entnommen werden. Wir wissen, daß die stoffwechselnden Multienzymkomplexe aus globulären Eiweißpartikeln von ganz bestimmter räumlicher Anordnung bestehen. Da sie erst durch diese bestimmte Struktur zu den ihnen eigentümlichen Leistungen befähigt sind und die Struktur bereits in ihrer Primärstruktur vorgeplant ist, ist es für einen Organismus notwendig, daß bei der Neuschaffung von Multienzymkomplexen Eiweiß von genau derselben Primärstruktur wie die der schon vorhandenen hergestellt wird. Dazu bedient sich die Zelle des im Zellkern lokalisierten informationsübertragenden Systems der DNS, das durch die in ihm gespeicherten und von ihm ins Plasma übertragenden Informationen die Eiweißsynthese aus Einzelmolekülen des Bausteinpools leitet. Die Informationsinhalte der DNS werden von Zellgeneration zu Zellgeneration unverändert weitergegeben. Dies ist aber nur möglich, wenn jeder Zellteilung eine Verdoppelung des informationsübertragenden Systems vorausgeht. Nur dadurch kann jede der beiden Tochterzellen die für den Aufbau ihrer lebentragenden Plasmastrukturen notwendigen gleichen Informationsinhalte mitbekommen.

Der Mechanismus der Verdoppelung der DNS besteht darin, daß die beiden komplementär gemusterten Nukleotidstränge der DNS fortschreitend von einem Punkt aus getrennt werden und an jedem Strang durch Anreihen von Bausteinen ein neuer mit komplementärem Muster aufgereiht wird. Die einzelnen dazu erforderlichen Nukleotide werden dem durch die Tätigkeit der Multienzymkomplexe geschaffenen Pool der Baumaterialien entnommen und auf enzymatischem Wege miteinander verknüpft (KAPLAN, 1968).

Die eben beschriebenen Vorgänge der Vermehrung des metabolischen und des informationsübertragenden Teiles des lebenden Systems bezeichnet man als Systemwachstum (LINSER, 1967). Es erfolgt durch die eigene Tätigkeit

des lebenden Systems unter Benutzung seiner eigenen Struktur als Modell zur Herstellung einer vollständigen funktionsfähigen Kopie.

Andererseits können die im Pool der Baumaterialien enthaltenen Stoffe aber auch zur Vermehrung der nicht lebentragenden Zellkomponenten benutzt werden. In diesem Fall, der ebenfalls an den stoffwechselnden Multienzymkomplexen abläuft, spricht man von Produktwachstum. Es führt zu einer Speicherung von organischem Pflanzenmaterial, das bei seiner Oxidation beachtliche Mengen an Energie abgeben kann.

Das Gesamtwachstum der Pflanze ist somit das Ergebnis der Tätigkeit des lebenden Systems und setzt sich aus den Teilvorgängen des System- und des Produktwachstums zusammen.

Das lebende System stellt die Summe der Produktionseinrichtungen dar, die einer Zelle bzw. einer Pflanze für ihre stoffwechselchemischen Umsetzungen, Synthesen und zu ihrer Durchführung nötigen Abbauprozesse zur Verfügung stehen (LINSER, 1968). Man kann es als die Produktionskapazität eines Organismus bezeichnen, da das Gesamtwachstum als Summe der Teilvorgänge des System- und des Produktwachstums von seiner Leistung abhängt.

Es darf jedoch nicht der Eindruck gewonnen werden, daß es sich bei den lebentragenden Zellstrukturen um ein statisches System handelt. Vielmehr ist hervorzuheben, daß wir uns einem dynamischen Geschehen gegenübersehen, das nur nach außen hin in Ruhe befindlich erscheint, da es sich in einem Fließgleichgewicht befindet. An den Strukturen des lebenden Systems spielen sich laufende Auf- und Abbauvorgänge ab, die vom System selbst vollzogen werden und in deren Verlauf bestimmte Teilstücke durch andere ersetzt werden, so daß jeder Substanz nur

eine ganz bestimmte Verweildauer im System zukommt. Die für diese Umbauvorgänge notwendigen Materialien können einerseits durch die Umwandlung von gebildeten Produkten, andererseits aber direkt aus den aufgenommenen Nährstoffen synthetisiert werden, so daß zwischen allen drei Zellkomponenten, System, Produkten und Nährstoffen ständige Austauschprozesse stattfinden und ein markiertes Atom nacheinander als Bauelement aller drei Stoffgruppen gefunden werden kann. Das innere Geschehen im System zur Instandhaltung seiner Struktur wird durch seine Lebenstätigkeit vollzogen. Die Struktur lebender Systeme erhält sich also im Geschehen und zwar durch seine eigene Funktion (LINSER, 1956).

Abbildung 1 gibt in vereinfachter Form ein Stoffwechselschema wieder, wie es sich aus den eben dargestellten Tatsachen ergibt.

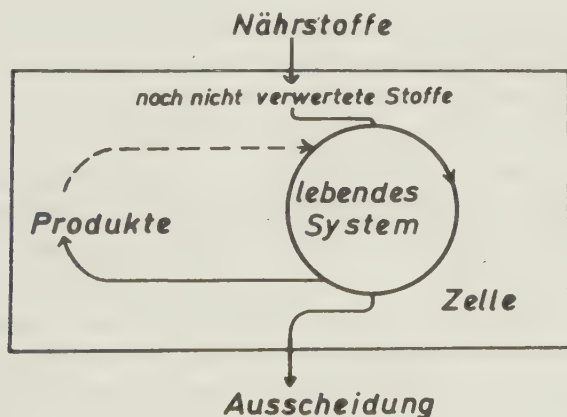


Abbildung 1: Stoffwechselschema einer Zelle mit unvollkommener Ausscheidung (nach LINSER, 1969, vereinfacht).

2. Darstellung der dieser Arbeit zugrundeliegenden Hypothese mit den in ihrer ersten Näherung gemachten vereinfachenden Voraussetzungen

Die bisherigen Überlegungen können wir nun mit der Aufstellung einer Arbeitshypothese zusammenfassen, die Grundlage und Leitfaden der weiteren Arbeit sein soll:

Die Zelle besteht aus lebendem System, das sich einerseits selbst vermehren kann, andererseits aber durch seine Stoffwechselleistung Substanzen herstellt, die keine unmittelbaren Lebensfunktionen tragen. Diese Stoffe bezeichnet man als Produkt.

Zur experimentellen Bestätigung oder Widerlegung des vorgegebenen Denkmodells wurden folgende vereinfachende Voraussetzungen gemacht:

- a. Das lebende System als Gesamtheit der lebentragenden Zellstrukturen weist im Verlauf der Lebenszeit einer Pflanze eine konstante Zusammensetzung auf.
- b. Es besteht aus Nukleinsäuren, Eiweiß und Lipiden. Darüberhinaus enthält es noch zahlreiche Hilfs- und Schutzstoffe wie beispielsweise Stützsubstanzen, Vitamine und Hormone, die zu seiner Funktion notwendig sind.
- c. Es hat einen charakteristischen Wassergehalt. Das Wasser, das an die Bestandteile des lebenden Systems gebunden ist, wird stärker festgehalten, als das Wasser im Produkt.
- d. Es ist in der Lage, sich durch seine eigene Tätigkeit zu vermehren. Zum Systemwachstum gehören Selbstreplikation, Reduplikation und die dazugehörigen Syntheseleistungen.
- e. Es spielt eine katalytische Rolle bei der Herstellung von solchen Stoffen, die keine Lebens Eigenschaften tragen. Es handelt sich bei ihnen um niedrigmolekulare, amorphe oder kristallinische oder hochmolekulare, nicht

informationstragende Substanzen.

f. Systemwachstum und Produktwachstum sind Teilprozesse des Gesamtwachstums. Für beide Vorgänge hat das System eine eigene Produktionskapazität.

g. Zu seiner Tätigkeit benötigt das System Ausgangsprodukte, die es in Form von Nährstoffen der Umwelt entnimmt und die vor ihrem möglichen Einbau in das System dem Produkt zugerechnet werden.

h. Das System kann lebendig oder abgetötet sein. Totes System unterliegt dem Abbau und rechnet dem Produkt zu.

i. Das Eiweiß ist ein regelmäßiger Bestandteil des Systems. Bei Ausscheidung einzelner Grenzfälle (Bildung von Reserveeiweiß) kann deshalb der Reineiweißgehalt einer Pflanze als Maß für die Menge des in ihr vorliegenden lebenden Systems gelten. Um einen Umrechnungsfaktor von Reineiweiß nach System zu erhalten, wurde eine Analyse isolierter Weizenembryonen durchgeführt. Es ergab sich ein Reineiweißgehalt von 30 %. Nimmt man an, daß pflanzliche Embryonen nahezu 100 % lebendes System enthalten, so ergibt sich ein Umrechnungsfaktor von 3,3. Bei allen Berechnungen von Systemgehalten diene dieser Faktor als Grundlage.

3. Frühere Ergebnisse zum zeitlichen Verlauf des System- und Produktwachstums der Pflanze im Verlauf der Vegetation

In einer früheren Arbeit (LINSER, LACH und TITZE, 1968) ergab sich für Weizen und Ölrettich, daß im Anschluß an die Keimung und in den ersten Wachstumswochen der Pflanzen eine Periode vorwiegenden Systemwachstums nachweisbar ist. Dies äußert sich in einem starken Anstieg der Menge an Reineiweiß pro Pflanze. Zu Beginn dieser **Periode** beträgt die Bildungsgeschwindigkeit des Systems bei Weizen 13,3 % des Systemgewichtes pro Tag.

Diese Periode des Systemwachstums wird etwa 50 bis 60 Tage nach der Saat von einem Zeitabschnitt abgelöst, während dessen die Reinproteinmenge pro Pflanze annähernd konstant bleibt, in dessen Verlauf also kein Systemwachstum mehr erfolgt. Da das vorhandene metabolische System aber weiterhin enzymatisch tätig bleibt, kommt es zu einer Erzeugung und Ansammlung verschiedenartiger Substanzen, die dem Produkt zuzurechnen sind.

Diese Periode des vorherrschenden Produktwachstums, in deren Verlauf das Produkt pro Pflanze linear ansteigt, dauert bei Weizen vom 50. bis 90. Wachstumstag. Durch die starke Ansammlung von Stoffwechselprodukten kommt es nach Überschreiten einer bestimmten Grenzrelation von System zu Produkt, die bei Weizen bei dem Wert von $22 : 78$ liegt, zur Beendigung der Syntheseleistung des lebenden Systems. Von diesem Zeitpunkt an werden keine Produkte mehr synthetisiert. Zur Aufrechterhaltung noch ablaufender Stoffwechselprozesse werden in der Pflanze Reservestoffe eingeschmolzen, so daß die Gesamtproduktmenge je Pflanze leicht abnimmt.

Während der Vegetation sind also zwei Perioden nachweisbar, in deren Verlauf die Syntheseleistung für System einerseits und für Produkt andererseits verschieden sind.

In der Periode des vorherrschenden Systemwachstums zu Beginn der Vegetation bleibt die Mengenrelation von System zu Produkt in der Pflanze ziemlich konstant. Der Koeffizient von $Sy : Pr$ behält während dieser Zeit gleichbleibenden Systemgehaltes der Pflanzensubstanz einen zahlenmäßig großen Wert. Erst nach einsetzendem Produktwachstum fällt der Systemanteil an der Pflanzensubstanz rasch auf weniger als 10 % ab. Die Mengenrelation von $Sy : Pr$ wird demnach nach beginnender Produktproduktion variabel und sinkt ab, weil die

Bildungsgeschwindigkeit von P_r größer als jene von S_y ist. Sie ist eine von Systemwachstum und Syntheseleistung abhängige Größe und charakterisiert nicht nur die Zusammensetzung der Pflanze sondern auch ihr Entwicklungsstadium und ihre Leistungsfähigkeit zu jedem Zeitpunkt der Vegetation (LINSER, 1968).

Der Übergang von dem Zeitabschnitt vorwiegenden Systemwachstums in die Periode reinen Produktwachstums erfolgt durch eine Umsteuerung im Wachstums- und Stoffwechselsystem der Pflanze und wird offensichtlich sowohl von genetischen und daher endogenen Faktoren als auch von Umweltseinflüssen verursacht.

4. Der Einfluß der Nährstoffversorgung auf das System- und Produktwachstum der Pflanze

Da die von der Umwelt angebotenen Nährstoffe die Ausgangsmaterialien des pflanzlichen Wachstums sind, ist es denkbar, daß die Versorgungslage eines Organismus mit Nährstoffen von Einfluß auf den Zeitpunkt der Umsteuerung vom System- in Produktwachstum sein kann.

Darüberhinaus muß aber berücksichtigt werden, daß stets auch genetische, also endogene Faktoren auf den Zeitpunkt der Stoffwechselumsteuerung Einfluß haben und daß deren Wirkung nicht durch eine Variation der Außenbedingungen aufgehoben werden kann.

Eine der vereinfachenden Annahmen der Arbeitshypothese war, daß die Zellen des pflanzlichen Embryos nahezu zu 100 % aus lebendem System bestehen. Während der Keimlingsentwicklung vermehrt sich die Substanzmenge des Gesamtorganismus fast ausschließlich durch Systemwachstum, das durch eine jeweilige Verdoppelung der lebentragenden Zellstrukturen bewerkstelligt wird. Während dieser Zeit ändert sich die Bruttozusammensetzung des Organismus nicht.

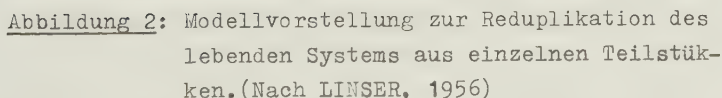
Der Fall des reinen Systemwachstums ist jedoch nur denkbar, wenn das metabolische System so beschaffen ist, daß es die zur Systemsynthese notwendigen Ausgangsprodukte in den dazu nötigen idealen Mengenrelationen liefert. Nur dann, wenn genau das erforderliche Verhältnis an Baustoffen vorliegt, ist ihre völlige und rückstandslose Umwandlung in System möglich (LINSER, 1969). Für den Fall des reinen Systemwachstums ist also eine ganz bestimmte, sich nicht ändernde Stoffwechselstruktur notwendig. Dies ist jedoch nur unter konstanten Außen- und Ernährungsbedingungen möglich, da nur dann die Lieferung von Bausteinen in konstanten Relationen gewährleistet ist.

Wir wissen aber, daß diese Forderung auf die Dauer nicht realisierbar ist, da sich die Ernährungsbedingungen und damit das Nahrungsangebot im Verlauf der Lebenszeit einer Pflanze in Quantität und in Qualität ändern. Dadurch entstehen Verschiebungen in der Mengenrelation der zur Substanzvermehrung angebotenen Baustoffe. Sobald ein Nährstoff durch veränderte Außenbedingungen in einem von der idealen Mengenrelation abweichenden Verhältnis angeboten wird, kommt es zu Stoffwechselüberschüssen, die als Produkte abgelagert werden.

Eine Deutung dieser Vorgänge kann erfolgen, indem das Zusammenwirken der einzelnen Nährstoffe unter dem Gesichtspunkt der Wahrscheinlichkeitsrechnung betrachtet wird (LINSER, KAINDL, 1951).

Hierbei wird davon ausgegangen, daß eine Gewichtsvermehrung des lebenden Systems durch Selbstreduplikation nach einem vorgegebenen Modell erfolgt. Die neu synthetisierten lebentragenden Strukturgebilde sind aber nur dann ihrerseits wieder zur Selbstreduplikation und damit zum Systemwachstum befähigt, wenn sie

Nimmt man an, daß ein System aus den Teilstücken 1, 2, 3 und 4 besteht, so ist es erst dann vollständig, wenn alle vier Teilstücke in der richtigen Reihenfolge zusammengetreten sind.



12

fers", d. h. der Eintritt von Teilstück 2, hängt von der Anzahl der sich reduplizierenden, vollständigen Systeme, von dem sich aus dem Ernährungsangebot ergebenden Angebot an Teilstücken und von der Wahrscheinlichkeit ab, mit der das Teilstück von der Struktur eingefangen wird.

Außerdem zeigt die Abbildung aber auch, daß ein Überangebot an Teilstück 4 herrscht, das durch eine Abweichung der idealen Relation der Ausgangsmaterialien durch eine Verschiebung des Nährstoffangebotes verursacht sein kann. Dieser Überschuß wird deshalb im Stoffwechsel zu anderen Zwecken verarbeitet. Damit entstehen erste, nicht lebentragende Produkte, die durch ihre Ansammlung eine Verschiebung der Relation zwischen lebendem System und den anderen Zellkomponenten verursachen und letztendlich zu der erwähnten Stoffwechselumsteuerung in die Phase des Produktwachstums führen.

Es ist verständlich, daß zur Erzielung eines hohen Endertrages zunächst eine möglichst lange Periode des Verharrens des Stoffwechsels im embryonalen Zustand mit vorwiegender Systemsynthese erstrebenswert ist. Dadurch wird die Produktionskapazität der Pflanze erhöht, und es kommt deshalb nach der Stoffwechselumsteuerung bei Fortdauer einer ausreichenden Nährstoffversorgung zur vermehrten Produktproduktion.

Da das Nährstoffangebot die Zahl der "chemischen Treffer" und damit den Umfang der Selbstreduplikation des Systems mitbestimmt, ist also die Nährstoffversorgung eines Organismus von fundamentaler Bedeutung für seine Leistungsfähigkeit im Hinblick auf das System- und Produktwachstum.

Da darüberhinaus eine Verschiebung im Nährstoffangebot zu einer Verschiebung der zum Systemwachstum erforderli-

chen Bausteine führt, ist zu erwarten, daß das Nährstoffangebot auch einen Einfluß auf den Zeitpunkt der Umsteuerung von System- zu Produktwachstum hat.

Der Stickstoff zum Beispiel ist als Bestandteil der Eiweißstoffe und der Nukleinsäuren zur Systemsynthese unbedingt erforderlich. Er kann von der Pflanze in organischer und anorganischer Form aufgenommen werden. Die für die höhere Pflanze wesentlichsten Stickstoffquellen sind das Nitrat- und das Ammoniumion. Während der Ammoniumstickstoff direkt dem Aufbau pflanzlichen Materials dienen kann, wird das Nitration zunächst in einer Reihe einzelner Reaktionsschritte zum Ammoniak reduziert. Die Ammoniumionen ihrerseits stellen also den unmittelbaren Baustoff N-haltigen Pflanzenmaterials dar. Sie können zur Aminosäuresynthese verwandt werden, indem sie verschiedene, im Kohlenhydratstoffwechsel gebildete Ketosäuren reduktiv aminieren. Die so entstandenen Aminosäuren sind Bausteine der Proteine und mit hin zum Systemwachstum unbedingt erforderlich.

Bei guter N-Versorgung und dem Vorhandensein der übrigen, zum Systemwachstum notwendigen Baustoffe wird die Pflanze deshalb längere Zeit in der Periode vorherrschenden Systemwachstums verharren, da keine Stoffwechselüberschüsse zur frühzeitigen Ansammlung von Produkten führen.

Andererseits ist zu erwarten, daß bei Stickstoffmangel die Umsteuerung zum Produktwachstum früher stattfindet, weil von den im Kohlenhydratstoffwechsel erstellten Ketosäuren weniger aminiert werden, so daß es zu einem Überschuß an N-freien Verbindungen kommt. Diese werden in der Hauptsache zur Erzeugung energiereicher Reservestoffe benutzt und führen somit zu einer vorzeitigen Ansammlung von Produkten.

Eine einseitige Stickstoffernährung gegenüber einem

vielleicht nicht ausreichenden Angebot der übrigen Nährstoffe muß ähnliche Erscheinungen zur Folge haben. In diesem Fall besteht ein Überangebot an Ammoniumionen, die nicht vollständig und rückstandslos zur Systemvermehrung benutzt werden können. Dieser Überschuß wird vom pflanzlichen Stoffwechsel zum Aufbau verschiedener Amide, deren bekannteste Vertreter des Asparagin und das Glutamin sind, verwendet. Die so entstandenen Produkte dienen als Stickstoffspeicher und darüberhinaus als Puffer, weil höhere Ammoniakkonzentrationen toxisch wirken.

Da ein offensichtlicher Zusammenhang zwischen N-haltigen und N-freien Substanzen und dem Systemwachstum besteht, muß die Art der N-Ernährung von entscheidendem Einfluß auf seinen Verlauf während der Lebenszeit einer Pflanze sein.

In der vorliegenden Arbeit soll deshalb die Frage näher untersucht werden, wie sich eine variierte N-Versorgung auf die Systemmenge je Pflanze sowie auf den Zeitpunkt des Überganges von der System- auf die Produktwachstumsperiode auswirkt.

B. Experimenteller Teil

1. Vegetation 1968

Einfluß verschieden hoher, einmaliger N-Gaben auf Wachstum und Eiweißhaushalt der Pflanze

a. Wachstumsbeobachtungen und Frischgewichte

Die Gefäßversuche des Jahres 1968 sollten zeigen, in welcher Weise eine unterschiedlich hohe, einmalige Stickstoffgabe zu Beginn der Vegetation auf den Systemgehalt und das Systemwachstum der Sommerweizenpflanze wirkt. Die Versuchsanlage sei kurz stichwortartig skizziert.

Versuchspflanze: Sommerweizen Heines Koga II

<u>Aussaatmenge:</u>	40 Körner je Gefäß
<u>Versuchsumfang:</u>	3 X 40 = 120 kleine Mitscherlichgefäße von 6,5 kg Volumen
<u>Versuchsboden:</u>	"Klein Linden", nährstoffarmer, annähernd neutraler lehmiger Sandboden
	pH _(KCl) 7,0
	pH _(H₂O) 8,1
	mg P ₂ O ₅ 4,0
	mg K ₂ O 5,0
	mg Mg 20,0
	max. WK % 26,0
<u>Düngeplan:</u>	Alle Gefäße erhielten mit 10 g Rheka-phos = 1,5 g P ₂ O ₅ und 2,5 g K ₂ O eine gleichmäßige Kalium- und Phosphorversorgung.
	Als N- Dünger wurde Kalkammonsalpeter benutzt.
	Variante 1 0,6 g N = 2,727 g KAS/Gef
	Variante 2 1,2 g N = 5,455 g KAS/Gef
	Variante 3 1,8 g N = 8,182 g KAS/Gef
<u>Aussaattermin:</u>	1. 4. 1968
<u>Ernteplan:</u>	Im Verlauf der Vegetation wurden die oberirdischen Pflanzenteile in Zeitabschnitten von 3 bis 13 Tagen geerntet. Wachstumsbeobachtungen, Pflanzenhöhe, Frischgewicht und Trockengewicht wurden festgehalten.

E r n t e p l a n

Ernte	Datum	Tage n. Saat	Anzahl der Pflan- zen pro Ernte
I.	13.4.68	12	10 Pfl/Gef 400
II.	18.4.68	17	7 Pfl/Gef 280
III.	23.4.68	22	Vereinz.auf 156 18 Pfl/Gef
IV.	2.5.68	31	4 Gef. zu je 18
V.	7.5.68	36	4 Gef. zu je 18
VI.	13.5.68	42	4 Gef. zu je 18
VII.	20.5.68	49	2 Gef. zu je 18
VIII.	27.5.68	56	2 Gef. zu je 18
IX.	31.5.68	60	2 Gef. zu je 18
X.	6.6.68	66	2 Gef. zu je 18
XI.	11.6.68	71	2 Gef. zu je 18
XII.	18.6.68	77	2 Gef. zu je 18
XIII.	24.6.68	83	2 Gef. zu je 18
XIV.	27.6.68	86	2 Gef. zu je 18
XV.	1.7.68	90	2 Gef. zu je 18
XVI.	8.7.68	97	2 Gef. zu je 18
XVII.	17.7.68	106	2 Gef. zu je 18
XVIII.	26.7.68	115	2 Gef. zu je 18
XIX.	31.7.68	120	2 Gef. zu je 18
XX.	13.8.68	133	2 Gef. zu je 18

Wachstumsbeobachtungen und Frischgewichte des Sommerweizens 1968 bei Variante 1 = 0,6 g N je Gefäß

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.
I.	1.Blatt entwickelt sich	0,06
II.	2. Blatt angelegt	0,16
III.	3.Blatt entwickelt sich.Bestockung beginnt.Auf 18 Pfl/Gef vereinzelt	0,38
IV.	4.Blatt angelegt.Ab jetzt werden ganze Gefäße geerntet.Je zwei bilden eine biologische Parallelele	0,93
V.	Deutliche Farbabstufung.Blattaufhellung und Gelbfärbung der Keimblätter und der ersten beiden Blätter.Länge 25 cm	1,43
VI.	5.Blatt entwickelt sich	1,61
VII.	6.Blatt entwickelt sich.Länge 30 cm	2,23
VIII.	Phase des Schossens.7.Blatt angelegt.Pfl.Höhe 42 cm	3,83
IX.	Pfl.Höhe 50 cm	4,32
X.	Hauptstängel verdickt sich	6,61
XI.		7,20
XII.	Ende des Ährenschiebens.Pfl.Höhe 94 cm	8,78
XIII.	Weizen blüht.Pfl.Höhe 100 cm	9,71
XIV.		9,28
XV.	Weizen hat abgeblüht	8,73

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.
XVI.	Erste Abtrennung der Körner ist möglich	8,57
XVII.		8,92
XVIII.		8,35
XIX.		7,50
XX.	Weizen ist vollreif	4,86

Frischgewichte der Ähren und des Strohs des Sommerweizens 1968 bei Variante 1 = 0,6 g N /Gef

Ernte	Ähren Frischgew.in g/Pfl.	Stroh Frischgew.in g/Pfl.
XVI.	2,14	6,43
XVII.	2,62	6,31
XVIII.	2,81	5,55
XIX.	2,67	4,83
XX.	1,82	3,04

Wachstumsbeobachtungen und Frischgewichte des Sommerweizens 1968 bei Variante 2 = 1,2 g N je Gefäß

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.
I.	1.Blatt entwickelt sich	0,05
II.	2.Blatt angelegt.Pfl.sehr unregelmäßig entwickelt	0,13
III.	3.Blatt entwickelt sich.Bestockung beginnt.Auf 18 Pfl/Gef vereinzelt	0,33
IV.	4.Blatt angelegt.Ab jetzt werden ganze Gefäße geerntet.Je zwei bilden eine biologische Parallele	0,91
V.	4.Blatt entwickelt sich.Kräftigerer Wuchs als bei Var.1.Vereinzelt gelbe Blattspitzen.Dunklere Blattfärbung.Pfl.Höhe 30 cm	1,66
VI.	5.Blatt entwickelt sich	1,96
VII.	6.Blatt entwickelt sich.Pfl.Höhe 36 cm	3,30
VIII.	Phase des Schossens.7.Blatt teilweise angelegt.Pfl.Höhe 47 cm	6,11
IX.	Pfl.Höhe 60 cm	7,61
X.	Hauptstängel verdickt sich.Pfl.Höhe 75 cm	11,05
XI.	Pfl.Höhe 81 cm	12,89
XII.	Ähren durchbrechen teilweise schon die Blattscheide.Pfl.Höhe 103 cm	16,03
XIII.	Weizen blüht.Pfl.Höhe 107 cm	17,39
XIV.		17,31
XV.	Weizen hat abgeblüht	15,89

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.
XVI.	Erste Abtrennung der Kör- ner ist möglich	16,13
XVII.		15,01
XVIII.		14,06
XIX.		13,07
XX.	Weizen ist vollreif	8,43

Frishgewichte der Ähren und des Strohs des Som-
merweizens 1968 bei Variante 2 = 1,2 g N /Gef

Ernte	Ähren FS in g/Pfl.	Stroh FS in g/Pfl.
XVI.	3,97	12,16
XVII.	5,17	9,85
XVIII.	5,50	8,56
XIX.	5,38	7,69
XX.	3,67	4,76

Wachstumsbeobachtungen und Frischgewichte des Sommerweizens 1968 bei Variante 3 = 1,8 g N je Gefäß

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.
I.	1.Blatt entwickelt sich	0,05
II.	2.Blatt angelegt	0,14
III.	3.Blatt entwickelt sich.Bestockung beginnt.Auf 18 Pfl/Gef vereinzelt	0,34
IV.	4.Blatt angelegt.Ab jetzt werden ganze Gefäße geerntet.Je zwei bilden eine biologische Parallele	0,99
V.	4.Blatt angelegt.Pfl. haben dunkelgrüne Blattfärbung.Pfl.Höhe 30 cm	1,75
VI.	5.Blatt entwickelt sich	2,47
VII.	6.Blatt entwickelt sich.Pfl.Höhe 37 cm	4,14
VIII.	Phase des Schossens.7.Blatt angelegt.Pfl.Höhe 50 cm	7,67
IX.	Pfl.Höhe 66 cm	11,33
X.	Hauptstamm verdickt sich	15,86
XI.	Pfl.Höhe 94 cm	20,00
XII.	Ende des Ährenschiebens.Pfl.Höhe 112 cm	23,22
XIII.	Weizen blüht.Pfl.Höhe 112 cm	24,03
XIV.		22,45
XV.	Weizen hat abgeblüht	21,50

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.
XVI.	Erste Abtrennung der Kör- ner ist möglich	20,09
XVII.		18,59
XVIII.		17,53
XIX.		16,15
XX.	Weizen ist vollreif	10,24

Frischgewichte der Ähren und des Strohs des Sommerweizens 1968 bei Variante 3 = 1,8 g N /Gef

Ernte	Ähren FS in g/Pfl.	Stroh FS in g/Pfl.
XVI.	5,00	15,04
XVII.	6,21	11,88
XVIII.	7,08	10,46
XIX.	6,95	8,70
XX.	4,76	5,52

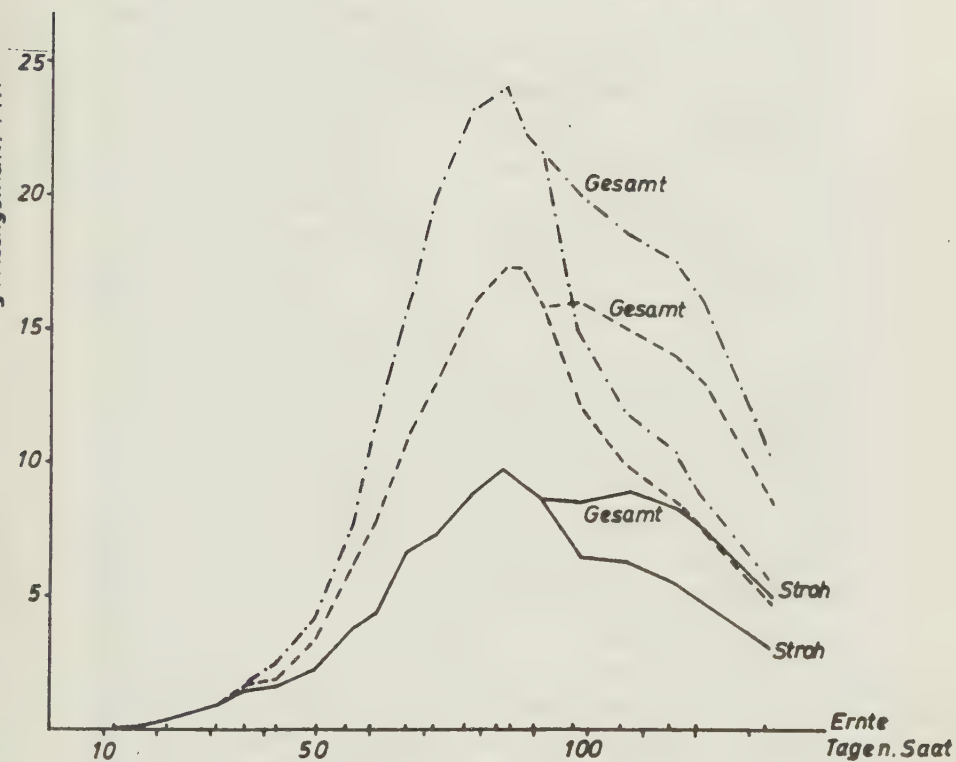


Abbildung 3: Frischgewichte des Sommerweizens 1968
 bei Variante 1 — = 0,6 g N/Gef
 bei Variante 2 - - - = 1,2 g N/Gef
 bei Variante 3 - . - = 1,8 g N/Gef

Der Einfluß der unterschiedlichen Stickstoffernährung spiegelte sich im äußeren Erscheinungsbild der Pflanzen in erwarteter Weise wider. Die Stickstoffmangelpflanzen der Variante 1 zeigten einen spärlichen Wuchs und waren in ihrem Längenwachstum gehemmt. Die infolge verminderter Chloroplastenausbildung aufgehellten, hellgelben Blätter starben vorzeitig ab. Das Getreide zeigte geringe Bestockung, war zäh und alterte früh.

Die reichliche N-Ernährung der Varianten 2 und besonders 3 hatte dagegen dunkelgrüne, üppige Pflanzen zur Folge. Sie waren gegenüber den N-Mangelpflanzen schwammig weich, reichlicher bestockt und stärker gegen Schädlinge anfällig.

Der höchste Punkt der Frischgewichtskurve lag bei Variante 1 bei 9,71 g je Pflanze, bei Variante 2 bei 17,39 g je Pflanze und bei Variante 3 bei 24,03 g je Pflanze. Er wurde bei allen drei Stickstoffstufen zur XIII. Ernte erreicht, zu dem Zeitpunkt also, als das Getreide zu blühen begann. Nach diesem Zeitpunkt fallen die Werte der Frischsubstanz wegen des zunehmenden Absterbens und Abtrocknens von Pflanzenorganen ab.

b. Trockenerträge

Die Ertragsunterschiede in Abhängigkeit von der Höhe der Stickstoffgabe äußerten sich ebenfalls im Trockengewichtsverlauf während der Vegetation. Während die Werte in den ersten vier Wachstumswochen auf gleicher Höhe lagen, zeigten sich später deutlich abgestufte, unterschiedliche Trockengewichte je Pflanze. Der bei der Vollreife erzielte Endertrag betrug bei Variante 1 3,50 g Gesamttrockengewicht je Pflanze, bei Variante 2 6,67 g je Pflanze und bei Variante 3 8,77 g je Pflanze. Die Kornenerträge lagen bei Variante 1 bei 1,30 g je Pflanze, bei Variante 2 bei 2,67 g je Pflanze und bei Variante 3 bei 3,49 g je Pflanze.

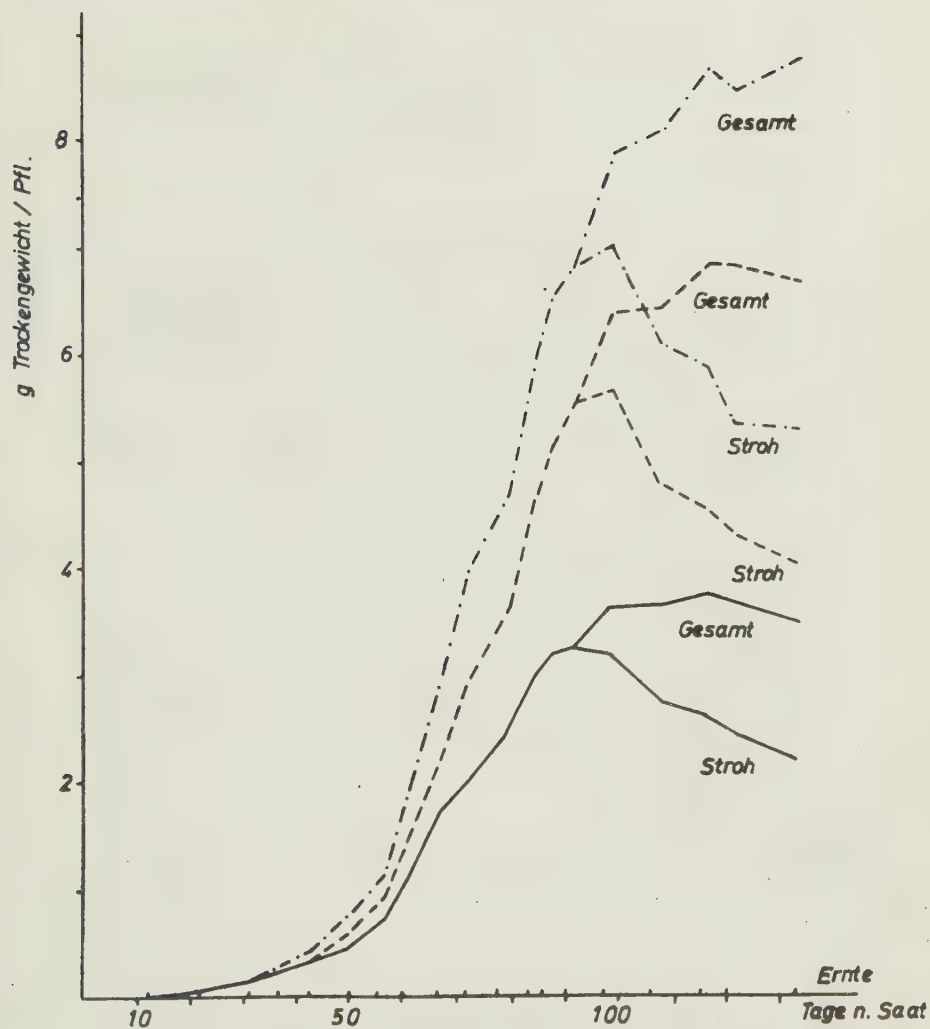


Abbildung 4: Trockengewichte des Sommerweizens 1968
 bei Variante 1 — = 0,6 g N/Gef
 bei Variante 2 - - - = 1,2 g N/Gef
 bei Variante 3 - · - · = 1,8 g N/Gef

Eine derartige Ertragssteigerung der Getreidepflanze unter dem Einfluß gesteigerter Stickstoffgaben wurde auch schon in zahlreichen früheren Arbeiten festgestellt (LEMMERMANN, 1922, 1923, WEIGERT, 1929, NEHRING, 1938).

c. Absolute und relative Rohproteingehalte

Das im Gefäßversuch gewonnene Pflanzenmaterial wurde zunächst einer Rohproteinbestimmung unterworfen. Die Untersuchung erfolgt nach der Methode Kjeldahl, indem das getrocknete Pflanzenmaterial mit H_2SO_4 ($s = 1,84$) und Selenreaktionsgemisch aufgeschlossen wurde. Anschließend erfolgte eine Wasserdampfdestillation, bei der in Form von Ammoniumsulfat gebundener Stickstoff nach Versetzen mit NaOH als Ammoniak in eine Salzsäurevorlage ausgetrieben wurde.

Der durch Neutralisation entstandene Säureverlust wurde titrimetrisch bestimmt, und aus ihm konnte rechnerisch der relative Stickstoffgehalt der Pflanzensubstanz ermittelt werden. Zur Umrechnung des Stickstoffgehaltes in den Rohproteingehalt wurde der Faktor 6,25 benutzt.

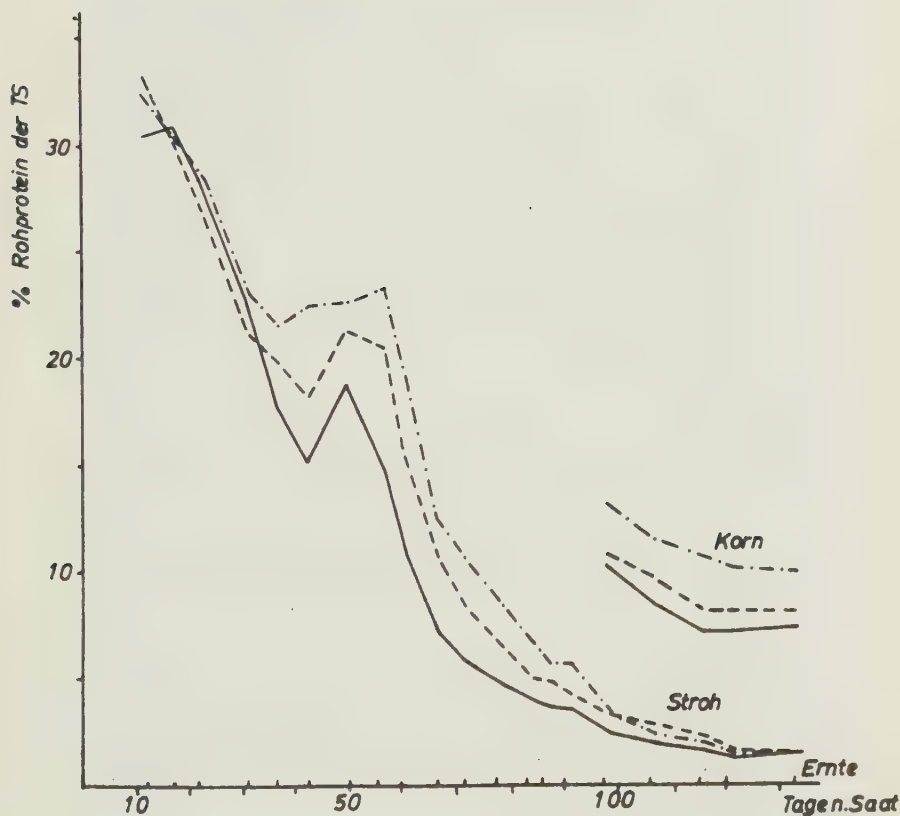


Abbildung 5: Relativer Rohproteingehalt der Trockensubstanz des Sommerweizens 1968

bei Variante 1 — = 0,6 g N/Gef

bei Variante 2 - - - = 1,2 g N/Gef

bei Variante 3 -.-.- = 1,8 g N/Gef

Die Ergebnisse zeigen, daß die Rohproteingehalte während der ersten drei Wachstumswochen mit Werten um 30 % Rohprotein der Trockensubstanz ziemlich konstant bleiben und bei allen drei Varianten auf gleicher Höhe liegen. Daran schließt sich ein Zeitabschnitt an, während dessen der Rohproteingehalt der Trockensubstanz rasch absinkt. Die beobachtete Abnahme ist um so stärker, je niedriger die Stickstoffdüngung ist. Am Ende der Vegetationsperiode nähern sich die Werte der drei Varianten wieder einander an. So beträgt der Rohproteingehalt des Stroh zu der Zeit der Vollreife 1,38 % bei Variante 1, 1,6 % bei Variante 2 und 1,5 % bei Variante 3.

Ein ähnlicher Einfluß der Höhe der Stickstoffgabe auf den Rohproteingehalt der Pflanze im Verlauf der Vegetation konnte auch bei Grünhafer festgestellt werden (NIENSTEDT, 1969). Auch hier verursachten geringere Stickstoffgaben geringere Rohproteingehalte der Pflanzen zu den verschiedenen Zeitpunkten der Vegetation.

Die gesetzmäßige Abnahme des Rohproteingehaltes mit zunehmendem Alter der Pflanzen wurde ebenfalls bereits in früheren Arbeiten bei Mais, Hafer und Raygras gefunden (DIJKSHOORN, 1958, SHAABAN, 1967, CRÖSSMANN, 1968, SKIRDE, 1968).

Auch in den Körnern war von dem Zeitpunkt der ersten Abtrennung von der ganzen Pflanze bis zur Vollreife ein Absinken des Rohproteingehaltes der Trockensubstanz zu beobachten. Die Gehaltswerte der reifen Körner liegen um so höher, je höher die Stickstoffgabe ist. Sie betragen bei Variante 1 7,28 %, bei Variante 2 8,13 % und bei Variante 3 10,04 %. Diese Ergebnisse stimmen mit früheren Untersuchungen überein (NEHRING, 1938).

Noch deutlicher werden die Verhältnisse, wenn man die Rohproteinmenge je Pflanze aus dem relativen Rohproteingehalt und dem jeweiligen Trockenmassenertrag errechnet. Auch hier liegen die Werte bei allen drei Varianten während der ersten drei Wachstumswochen mit leicht ansteigendem Trend auf gleicher Höhe. Daran schließt sich etwa nach fünf Wachstumswochen eine Zeitspanne an, in der eine starke Zunahme des Rohproteingehaltes der Pflanzen erfolgt. Während dieser Zeit ist bereits eine deutliche Abstufung der Werte der drei Varianten zu beobachten. Variante 1 liegt am tiefsten, Variante 2 wird wiederum von Variante 3 übertroffen.

Die Periode des starken Anstieges der Rohproteingehalte dauert etwa bis zum 60. Wachstumstag. An ihrem Ende beträgt der Rohproteingehalt der Variante 1 118,8 mg je Pflanze, der Variante 2 220,1 mg und der Variante 3 356,6 mg. Setzt man den letzten Wert gleich 100, so ergibt sich für Variante 2 ein Wert von 61,7 und für Variante 1 von 33,3.

Nach dem 60. Wachstumstag schließt sich eine etwa dreißigtägige Zeitspanne gleichbleibenden Rohproteinertrages der Pflanzen bei allen drei Varianten an. Nach dem 90. Tage nach der Saat erfolgt dann ein starker Abfall der Rohproteingehalte im Stroh, wobei sich die Werte der Varianten 2 und 3 in den letzten Wachstumswochen einander annähern. Gleichzeitig erfolgt eine steile Zunahme der Rohproteinerträge der Körner. Auch hier liegt die Variante 1 mit einem Endwert von 94,6 mg Rohprotein je Pflanze am tiefsten und wird von Variante 2 mit 217,07 mg und Variante 3 mit 350,40 mg übertroffen. Der Gesamtproteingehalt der Pflanzen nimmt bis zum Ende der Vegetation hin zu.

Eine derartige Staffelung der Rohproteinerträge in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung und der Zeit

wurde auch bei Grünhafer festgestellt(NIENSTEDT, 1969).

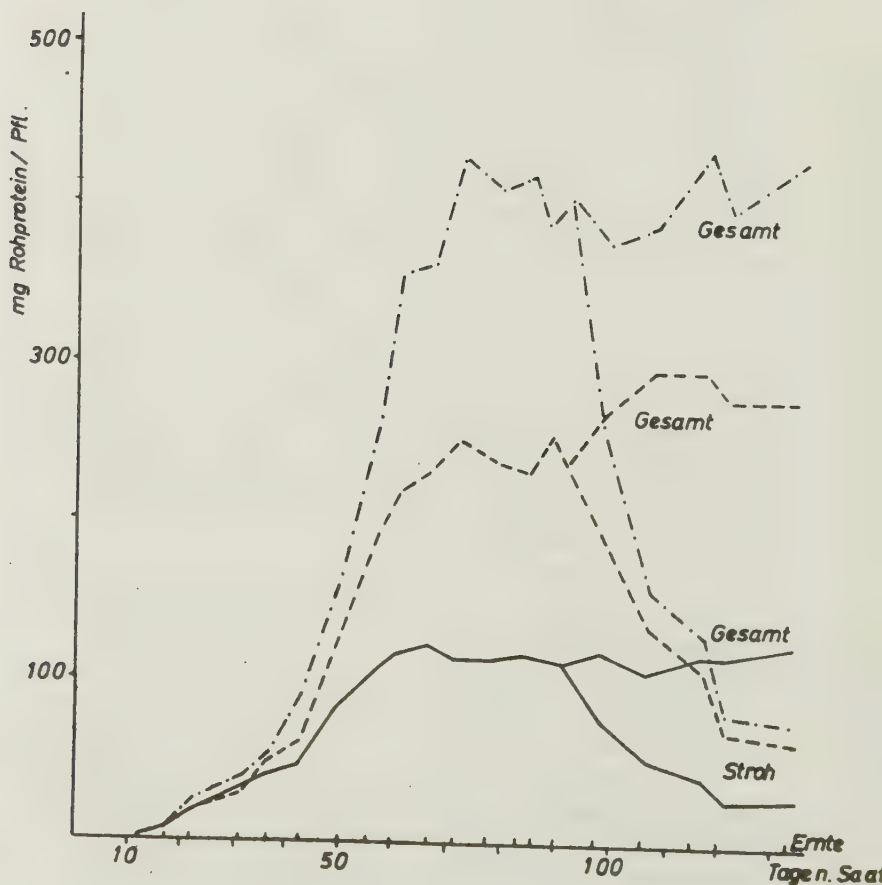


Abbildung 6: Absolute Rohproteinnengen je Pflanze bei Sommerweizen 1968

bei Variante 1 ————— = 0,6 g N/Gef
 bei Variante 2 - - - - - = 1,2 g N/Gef
 bei Variante 3 - . - . - . = 1,8 g N/Gef

d. Absolute und relative Reinproteingehalte

Der Rohproteingehalt der Pflanzen kann nicht als Maß für das lebende System gelten, da er verschiedene Stoffe wie etwa die Säureamide umschließt, die nicht den lebentragenden Zellstrukturen zugerechnet werden können. Es erscheint also sinnvoller, den Reineiweißgehalt des Pflanzenmaterials zu bestimmen, da er mit Ausnahme des Falles einer Bildung von Reserveeiweiß nur diejenigen Materialien umfaßt, die am Aufbau des lebenden Systems beteiligt sind.

Die Abtrennung der löslichen Stickstoffverbindungen erfolgte durch eine Extraktion mit heißem Wasser. Eventuell dabei in Lösung gegangene Eiweiße werden mit Kupfersulfat ausgefällt und durch Filtration abgetrennt. Der weitere Analysengang glich dem der Reinproteinbestimmung.

Die Ergebnisse zeigen ähnlich wie die einer früheren Arbeit (LINSER, LACH und TITZE, 1968), daß im Anschluß an die Keimung bis etwa zum Ende der dritten Wachstumswoche der Reineiweißgehalt der Trockensubstanz bei allen drei Stickstoffdüngungsstufen ziemlich konstant bleibt. Während dieser Zeit liegen die Werte bei allen drei Varianten auf gleicher Höhe. Danach folgt eine Periode, in der der Reineiweißgehalt bei allen drei Varianten schnell absinkt. Am 42. Wachstumstag macht der Reineiweißgehalt bei Variante 1 noch $\frac{1}{2}$, bei Variante 2 $\frac{3}{5}$ und bei Variante 3 $\frac{5}{7}$ seines Ausgangswertes aus. Das bedeutet, daß der Abfall des Reineiweißgehaltes der Trockenmasse um so schneller erfolgt, je niedriger die Stickstoffdüngung ist.

Am Ende der Vegetationsperiode, wenn die Pflanzen völlig abgestorben sind, beträgt der Reineiweißgehalt des Stroh nur noch weniger als $\frac{1}{10}$ des Gehaltes der Keimpflanzen. Gleichzeitig kann eine Annäherung der Werte

aller drei Varianten beobachtet werden.

Abweichend von den Ergebnissen des Jahres 1967 steigt im Jahr 1968 zwischen dem 42. und dem 49. Wachstumstage der Reineiweißgehalt bei allen drei Varianten nach anfänglichem Abfall erneut an, um erst danach endgültig abzusinken. Diese Erscheinung ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß die starken Niederschläge zu Beginn der Vegetation eine Nährstoffauswaschung zur Folge hatten. Das die Nährstoffe enthaltende durchgesickerte Wasser wurde nach dem 36. Wachstumstag den Gefäßen wieder zugegeben. Dies verursachte eine neuerliche erhöhte Nährstoffaufnahme und eine vorübergehende Veränderung der Stoffwechselbedingungen der Pflanze im Sinne einer vermehrten Systemproduktion.

Nach dem 97. Wachstumstag war eine Abtrennung der Körner und damit ihre Untersuchung auf Reineiweiß möglich. Auch hier zeigte sich ein Absinken des Reineiweißgehaltes bis zur Vollreife. Die Variante 1 lag mit 6,66 % Reinprotein der Trockenmasse am niedrigsten und wurde von Variante 2 mit 8,13 % und Variante 3 mit 9,63 % übertroffen.

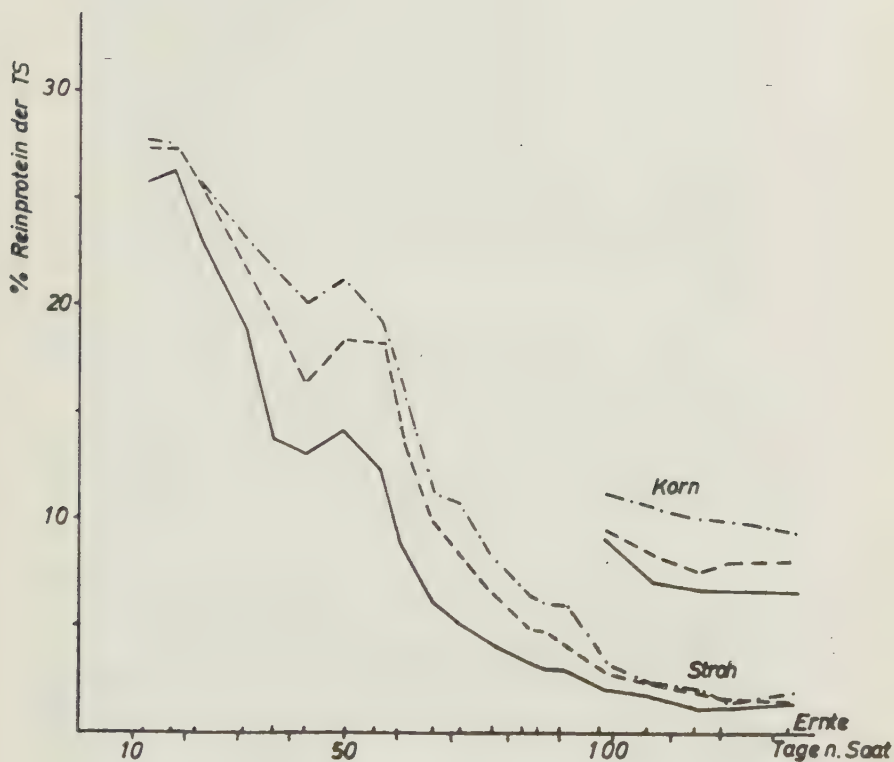


Abbildung 7: Relativer Reinproteingehalt der Trockensubstanz des Sommerweizens 1968

bei Variante 1 — = 0,6 g N/Gef

bei Variante 2 - - - = 1,2 g N/Gef

bei Variante 3 -.-.-. = 1,8 g N/Gef

Um die durch das Reinprotein repräsentierte Produktionskapazität pro Pflanze abschätzen zu können, wurden die Reineiweißmengen pro Pflanze im Verlauf der Vegetation berechnet. Hier zeigen sich schon nach den ersten drei Wachstumswochen je nach der Höhe der Stickstoffgabe deutliche Unterschiede. Der bis zum 60. Wachstumstag zu beobachtende steile Anstieg der Reineiweißmenge ist bei Variante 1 schwächer als bei Variante 2 und bei Variante 2 wiederum geringer als bei Variante 3, so daß sich in der Periode der konstanten Reineiweißmengen je Pflanze erheblich voneinander abgestufte Werte ergeben.

Nach dem 90. Wachstumstag ist bei allen drei Varianten im Stroh ein Reineiweißabbau und im Korn ein Reineiweißaufbau zu beobachten. Die Gesamtmenge an Reineiweiß pro Pflanze nimmt bis zum Ende der Vegetation leicht zu. Die zur Vollreife im Korn vorliegende Eiweißmenge beträgt bei Variante 1 86,58 mg, bei Variante 2 217,07 mg und bei Variante 3 336,09 mg.

Bei Variante 1 endet die Periode des starken Anstieges des Reineiweißgehaltes der Pflanzen am 60. Tage nach der Saat. Bis zum 90. Wachstumstag ist dann ein etwa konstanter Proteingehalt der Pflanzen, der um Werte von 100 mg Reinprotein je Pflanze schwankt, zu beobachten.

Bei Variante 2 ist ebenfalls bis zum 60. Wachstumstag eine starke Zunahme der Reineiweißgehalte zu beobachten. Im Gegensatz zu Variante 1 erfolgt jedoch bis zum 71. Wachstumstag noch ein, wenn auch geringer Anstieg des Reinproteinertrages pro Pflanze. Erst dann setzt die Periode der konstanten Reineiweißmengen je Pflanze ein. An ihrem Ende, am 90. Wachstumstag, beträgt die Reineiweißmenge je Pflanze 227,14 mg.

Ähnlich sind die Verhältnisse bei Variante 3. Auch hier

steigen die Reineiweißmengen je Pflanze bis zum 71. Wachstumstag, und erst danach bleiben sie bis zum 90. Tag nach der Saat mit Werten von rund 400mg Reineiweiß je Pflanze konstant.

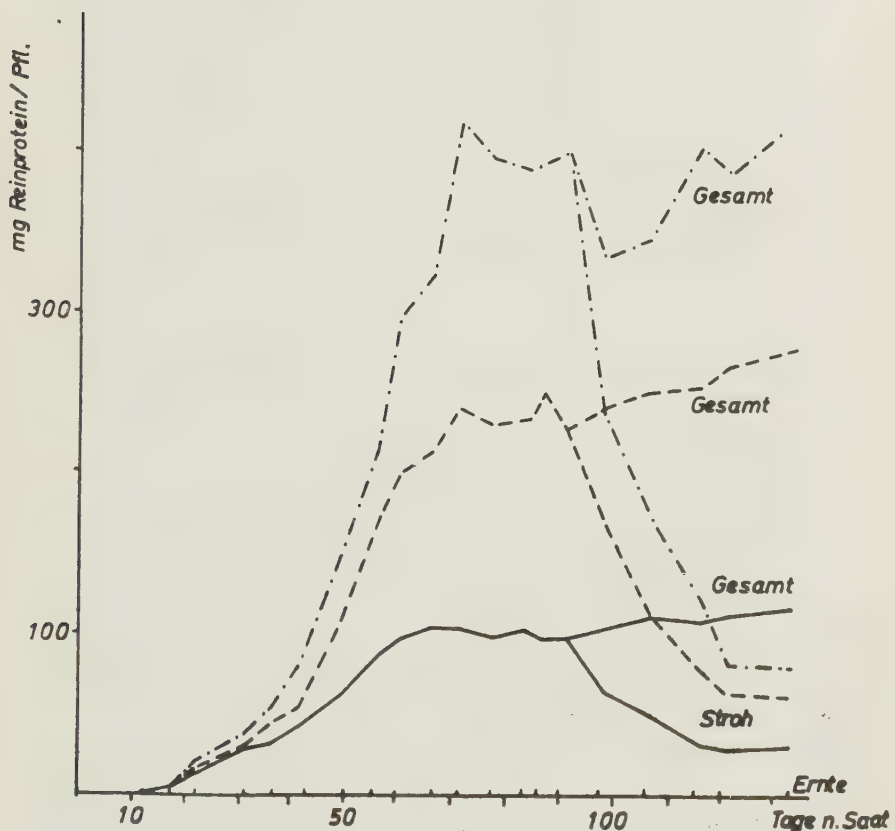


Abbildung 8: Absolute Reinproteinmengen je Pflanze bei Sommerweizen 1968

Variante 1 ————— = 0,6 g N/Gef

Variante 2 - - - - - = 1,2 g N/Gef

Variante 3 -.-.-.-. = 1,8 g N/Gef

e. Nitratgehalte

Wie bereits an anderer Stelle berichtet wurde, vermag der pflanzliche Organismus, aus den anorganischen Ionen NH_4^+ und NO_3^- , die der Umwelt entnommen werden, die N-haltigen Substanzen der lebentragenden Zellstrukturen aufzubauen. Nach den zur vorliegenden Arbeitshypothese gemachten, vereinfachenden Voraussetzungen werden die aufgenommenen und noch nicht in Strukturen des lebenden Systems eingebauten Nährstoffe dem Produkt zugerechnet. Zu dieser Gruppe von Substanzen gehört auch das Nitration, das bekanntlich zunächst einer Reduktion unterworfen werden muß, bevor es zum Aufbau von körpereigenen Materialien verwendet werden kann.

Diese Reaktion wird von einem Multienzymkomplex katalysiert, der aus verschiedenen Einzelenzymen besteht, die eine schrittweise Reduktion des Nitrates über Nitrit, (Hyponitrit) und Hydroxylamin bis zur Oxidationsstufe des Ammoniaks durchführen.

Es erscheint von Interesse, den Nitratgehalt des vorliegenden Pflanzenmaterials in Abhängigkeit von der Stickstoffernährung zu bestimmen, da die Höhe des Nitratspiegels in der Pflanze Aufschluß darüber gibt, inwieweit der Stoffwechsel über Stickstoffreserven verfügt, die bei Bedarf zu Aminierungsvorgängen und damit zur Synthese N-haltiger Substanzen der lebentragenden Zellstrukturen eingeschmolzen werden können.

Die Nitratbestimmung wurde nach der von BLOM und TRESCHOW(1929) entwickelten und von ALTEN, WANDROWSKI und HILLE (1936), WERR (1937), RAUTERBERG und BENISCHE (1943) und SEIBEL (1955) weiter verbesserten Xylenolmethode durchgeführt. Man benutzt bei dieser Methode die Eigenschaft der Salpetersäure, auf aromatische Verbindungen nitrierend zu wirken. Zur Nitratbestimmung verwendet man das 2, 4 - Dimethylphenol. Es reagiert

mit Salpetersäure unter Ausbildung von Nitroxilenol, das sich im Wasserdampfstrom abdestillieren läßt und in Alkalien unter Gelbfärbung löslich ist.

Zur Bestimmung wurde ein Heißwasserextrakt des getrockneten Versuchsmaterials hergestellt, filtriert und maximal 5 ml davon einer viertelstündigen Nitrierung unter Zugabe von 80 % iger H_2SO_4 und 2, 4 - Dimethylphenol unterworfen. Danach wird der Nitrierungsprozeß durch Wasserzugabe unterbrochen und in eine Vorlage mit n/2 NaOH destilliert. Nach Auffüllen des Flüssigkeitsvolumens auf 100 ml wird die Extinktion der Lösung im Elko - Photometer der Firma Zeiss mit dem Filter S 47 gemessen.

Bei allen drei Varianten ist in den ersten fünf Wachstumswochen ein starker Abfall des Nitratgehaltes der Pflanzensubstanz zu beobachten. Von anfänglichen Gehalten von rund 4 mg $NO_3 - N$ je Gramm Trockensubstanz bei Variante 1 und 2 und 2,64 mg $NO_3 - N$ je Gramm Trockensubstanz bei Variante 3 sinken die Werte bis zur V. Ernte, die 36 Tage nach der Saat vorgenommen wurde, auf 0,02 mg $NO_3 - N$ bei Variante 1, auf 0,75 mg $NO_3 - N$ bei Variante 2 und auf 0,63 mg $NO_3 - N$ je g TS bei Variante 3 ab. Danach erfolgt wiederum bei allen drei Varianten ein sprunghafter Anstieg des Nitratgehaltes, der offensichtlich auf die Zugabe der durchgesickerten Niederschlagsmengen zu den Gefäßen der Versuchspflanzen zurückzuführen ist.

Dadurch entsteht ein starker Anstieg des Nitrationsangebotes, der sich in einer erhöhten Aufnahme und damit in erhöhten Gehaltszahlen niederschlägt. Am 42. Tag nach der Saat beträgt der $NO_3 - N$ Gehalt der Trockensubstanz bei Variante 1 0,97 mg, bei Variante 2 1,71 mg und bei Variante 3 2,46 mg. Erhöhte Stickstoffdüngung ergibt also zu diesem Zeitpunkt der Vege-

tation erhöhte Nitratmengen der Pflanzen.

Das erneute Ansteigen des Nitratgehaltes nach der V. Ernte hatte zur Folge, daß nach der katalytischen Reduktion der Nitrationen vermehrte Aminierungsvorgänge durchgeführt und damit systemwachstumsbegünstigende Stoffwechselbedingungen geschaffen wurden. Daraus resultierte dann bei allen drei Varianten der beobachtete vorübergehende Anstieg der relativen Reineiweißgehalte nach der VI. Ernte.

Nach dem sprunghaften Anstieg des Nitratgehaltes zur VI. Ernte ist dann mit fortschreitendem Alter der Versuchspflanzen ein allmähliches Absinken der Werte zu beobachten. Dabei ist der Abfall um so steiler, je niedriger die Stickstoffdüngung war. Am Ende der Vegetationsperiode gleichen sich die Nitratgehalte mit 0,01 - 0,02 mg $\text{NO}_3\text{-N}$ je g TS der drei Stickstoffdüngungsvarianten einander an.

Eine ähnliche Entwicklung des Nitratgehaltes in Abhängigkeit von der Stickstoffversorgung und dem Alter der Pflanzen wurde auch in anderen Arbeiten festgestellt (BALKS und PLATE, 1955, SCHARRER und SEIBEL, 1956, SMITH und SUND, 1965, NIENSTEDT, 1966).

So prüfte SEIBEL beispielsweise den Einfluß von gesteigerten N-Gaben auf den Nitratgehalt von Futterroggen. Als Untersuchungsmaterial dienten 52 Tage alte Pflanzen, die eine N-Gabe von 0,8, 1,2 und 1,8 g und eine K_2O - Gabe von 0,8 g und eine P_2O_5 - Gabe von 1,2 g je Gefäß erhalten hatten. In diesem Wachstumsstadium, das dem Alter der vorliegenden Versuchspflanzen zwischen der VII. und VIII. Ernte entspricht, wurden folgende Werte ermittelt, die gut mit den eigenen Ergebnissen übereinstimmen:

0,8 g N je Gefäß	0,147 mg NO ₃ -N je g TS
1,2 g N je Gefäß	1,98 mg NO ₃ -N je g TS
1,8 g N je Gefäß	2,57 mg NO ₃ -N je g TS

Eine Abhängigkeit des Nitratgehaltes von der Höhe der Stickstoffdüngung und vom Alter der Pflanzen fand auch NIENSTEDT bei Grünhafer. Auch hier bestätigte sich eine Steigerung des Nitratgehaltes durch ansteigende Stickstoffgaben und ein Absinken der Werte mit zunehmendem Pflanzenalter (NIENSTEDT, 1968).

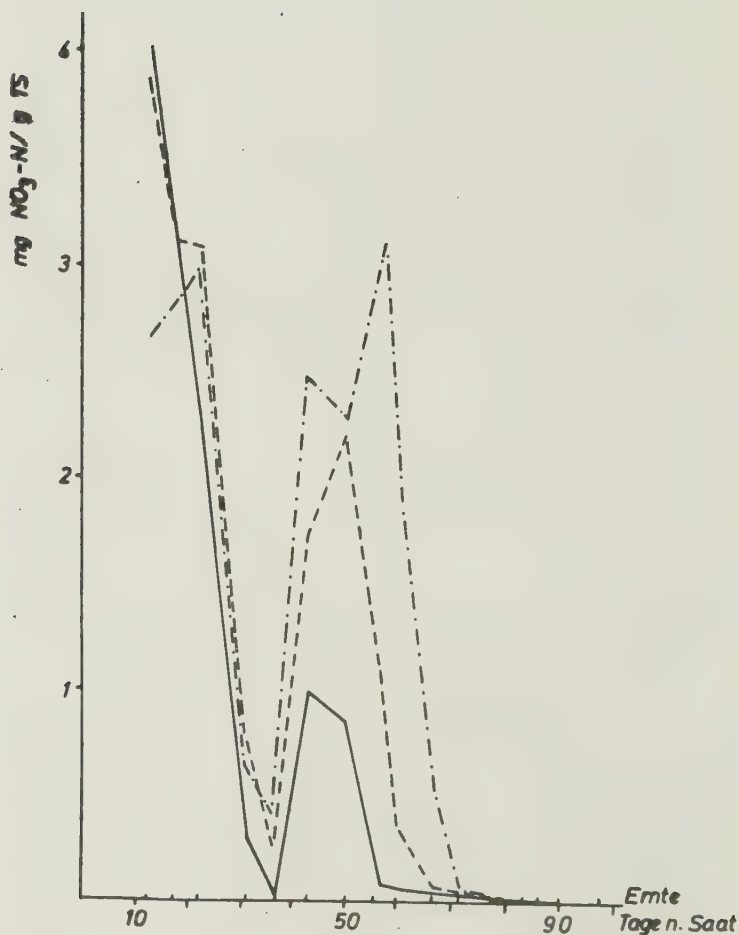


Abbildung 9: Nitratgehalt des Sommerweizens 1968 in
mg NO₃-N je g Trockensubstanz

bei Variante 1 — = 0,6 g N/Gef

bei Variante 2 - - - = 1,2 g N/Gef

bei Variante 3 -.-.- = 1,8 g N/Gef

f. Aminosäuregehalte des Proteins

Das lebende System enthält als regelmäßigen Bestandteil Proteine. Diese bestehen aus verschiedenen, unter Ausbildung von Peptidbindungen aneinandergereihten Aminosäuren, deren spezifische Sequenz durch den Informationsgehalt des genetischen Codes und durch seine Übertragung durch die m-RNS hergestellt wird. Durch intramolekulare Wasserstoffbrückenbildung werden die Proteinfäden schraubig zur Sekundärstruktur kontrahiert. Der schraubige Faden der Sekundärstruktur kann dadurch, daß an bestimmten Stellen des Proteinmoleküls bestimmte Seitenketten der Aminosäuren lokalisiert sind und diese miteinander in Wechselwirkung treten, zu globulären Partikeln verknäult werden.

Die so entstandenen Tertiärstrukturen können Enzymfunktionen ausführen. Dazu werden sie durch ihre bestimmte räumliche Struktur befähigt, die wiederum schon in der Reihenfolge der Aminosäuren im Proteinfaden vorausbestimmt ist. Die globulären Tertiärstrukturen stellen die kleinsten Einheiten des stoffwechselnden Systems dar. Mehrere von ihnen treten zu Quartärstrukturen zusammen, die als Multienzymkomplexe meist unter Ausbildung von Verbindungen mit anderen Molekülen mehrere aufeinanderfolgende Reaktionsschritte durchführen können. Sie sind die eigentlichen Produktionsstätten lebender Systeme, da sie die zur Herstellung jeglichen Zellmaterials notwendigen Synthesereaktionen katalysieren und damit Bausteine für den Wachstumsvorgang liefern.

Eine der zur Arbeitshypothese in ihrer ersten Näherung gemachten Voraussetzungen war, daß das lebende System im Laufe der Zeit seine Zusammensetzung nicht ändert. Danach müßte das lebende System stets gleiche Anteile an Proteinen und diese wiederum gleiche Anteile an

Aminosäuren enthalten. Zu der Prämisse der konstanten Zusammensetzung des lebenden Systems im Lauf der Vegetation ist jedoch einschränkend hinzuzufügen, daß der stoffwechselnde Teil des Systems gewissen Änderungen unterworfen ist, da das Enzymmuster im Verlauf der Entwicklung durch genetische Faktoren einerseits und Umwelteinflüsse andererseits verschieden ausdifferenziert sein kann.

Der Organismus weist somit in seinem Enzymmuster eine bestimmte Zeitgestalt auf. Das bedeutet, daß die einzelnen Enzymproteine zu verschiedenen Zeiten in verschiedenen Mengen vertreten sind. Wenn die Proteine die Aminosäuren in verschiedenen Relationen enthalten, so müßte sich demnach die Aminosäurezusammensetzung des Gesamteiweißes des Organismus während der Vegetation verändern. Andererseits ist es jedoch möglich, daß die verschiedenen Proteine die Aminosäuren lediglich in verschiedener Sequenz aber in gleichen Relationen enthalten. In diesem Fall wäre im Lauf der Zeit keine Veränderung der Aminosäurezusammensetzung des Gesamteiweißes feststellbar und man könnte erst durch Fraktionierung des Gesamtproteins in einzelne Komponenten die zeitliche Veränderung des Enzymmusters nachweisen.

Die Bestimmung der Aminosäurezusammensetzung des Eiweißes im Verlauf der Vegetation mußte im vorliegenden Fall an getrocknetem Versuchsmaterial durchgeführt werden. Es ist bekannt, daß durch die Anwendung hoher Temperaturen zur Trocknung Veränderungen des Versuchsmaterials verursacht werden, da es zwischen Aldosen, Aldehyden oder Furfurol und freien Aminosäuren zu Bräunungsreaktionen kommt, so daß ein Teil der tatsächlich vorhandenen freien Aminosäuren der Bestimmung entzogen wird (WAGNER, 1957). Dies ist aber für die

vorliegende Fragestellung unerheblich, da lediglich die Aminosäurezusammensetzung des Eiweißes interessiert.

Zur Abtrennung der noch vorhandenen freien Aminosäuren und der Amide wird analog der Reineiweißbestimmung ein Heißwasserextrakt des Pflanzenmaterials hergestellt und in Lösung gegangenes Eiweiß mit CuSO_4 ausgefällt. Niederschlag und Pflanzensubstanz werden durch Filtration abgetrennt und weiterverarbeitet.

Zunächst erfolgt eine 22 stündige Hydrolyse des Rückstandes mit 6n HCl am Rückflußkühler, um die Peptidbindungen zu zerstören und das gesamte Protein in Aminosäuren zu spalten.

Bei der Hydrolyse im sauren Medium treten besonders bei Pflanzenmaterial Aminosäureverluste auf, die durch die Reaktion zwischen Aminosäuren und anwesenden Kohlenhydraten unter Bildung von unlöslichen Huminen und Melanoidinen verursacht werden (WAGNER, 1957). Untersuchungen mit Testeiweißen bekannter Aminosäurezusammensetzung, die unter Zugabe von Stärke hydrolysiert wurden, ergaben, daß die einzelnen Aminosäuren unterschiedlich reagieren. Besonders große Verluste sind bei Tryptophan, Tyrosin, Cystein und Glycin zu beobachten (GORDON, 1964). Die Verluste können durch Zugabe eines großen Überschusses an 6n HCl verkleinert werden.

Da bei der Aufarbeitung des vorliegenden Versuchsmaterials wegen des vorhandenen ungünstigen Mischungsverhältnisses von Eiweißen und Kohlenhydraten mit diesen Verlusten zu rechnen ist, sind die Werte für die oben genannten Aminosäuren mit Vorbehalt zu beurteilen.

Nach 22 stündiger Hydrolyse wird unter Zugabe von Aktivkohle filtriert und das Filtrat am Rotationsverdampfer eingedampft. Der Rückstand wird in Wasser aufgenommen

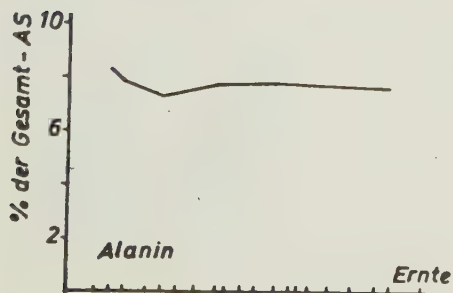
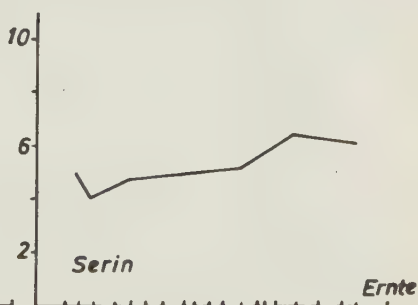
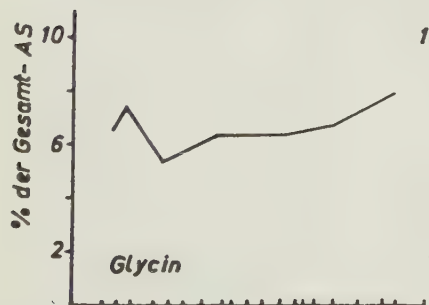
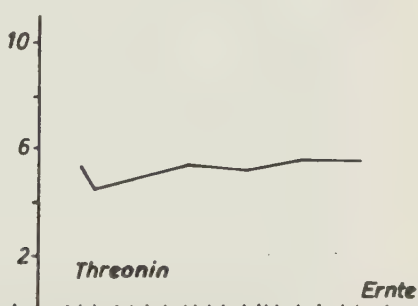
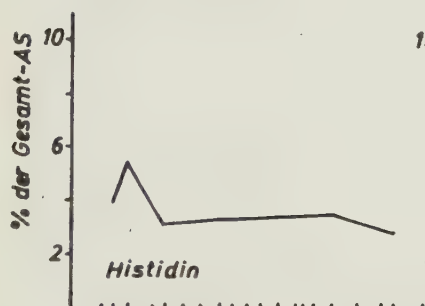
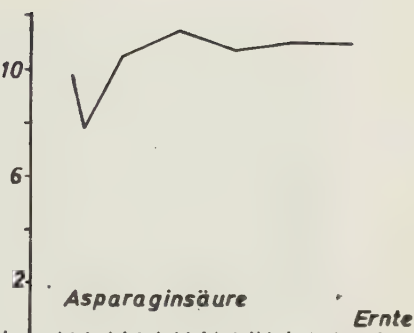
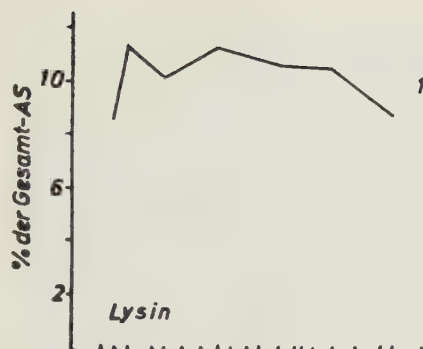
und mit Chloroform ausgeschüttelt. Die wässrige Phase wird in 50 ml Kölbchen filtriert, aufgefüllt und 40 ml davon zur Trennung der Aminosäuren von den übrigen Komponenten der Fraktion über einen Kationenaustauscher (Dowex 100 - 200 mesh) gegeben. Die gebundenen Aminosäuren werden mit 2n NH_4OH eluiert, die Lösung eingedampft und mit 10 bzw. 20 ml Puffer pH 2,2 aufgenommen.

Der Aminosäuregehalt wurde unter Verwendung des vollautomatischen Beckmann-Spinco-Aminoacid-Analysers säulenchromatographisch unter Ausnutzung der Ninhydrinreaktion bestimmt.

In der Tabelle 10 und der Abbildung 10 sind die Ergebnisse der Analysen zusammengefaßt. Untersucht wurden die II., III., V., VIII., XII., XVI., und die XIX. Ernte der Variante 3. Um Verschiebungen in der Aminosäurezusammensetzung im Lauf der Zeit zu verdeutlichen, sind die einzelnen Aminosäuren in Prozent der gesamten gefundenen Reineiweißaminosäuren ausgedrückt.

Die Ergebnisse zeigen, daß gewisse, wenn auch nicht sehr deutliche Schwankungen in der Aminosäurezusammensetzung des Eiweißes im Verlauf der Vegetation feststellbar sind. Stärkere Änderungen erfolgen lediglich bei einigen Aminosäuren zu Beginn der Wachstumsperiode. Diese Erscheinung ist vielleicht auf die schon erwähnte Umsteuerung des stoffwechselnden Systems der Pflanzen von vorwiegendem Systemwachstum zu vermehrtem Produktwachstum zurückzuführen, die in diesem Zeitraum erfolgt.

Nach dem Zeitraum der Umsteuerung differenziert sich das Enzymmuster des Organismus im Sinne einer erhöhten Produktionskapazität für die Synthese von Produkten aus. Dadurch ergeben sich Änderungen im Proteinbestand, die sich wiederum in veränderten Anteilen der



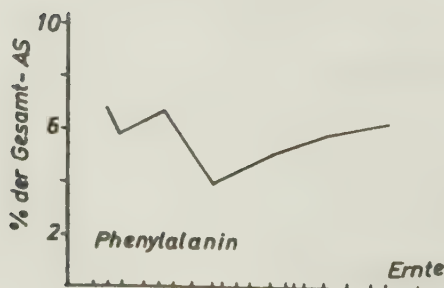
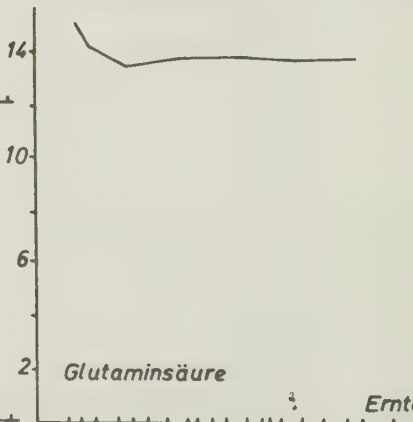
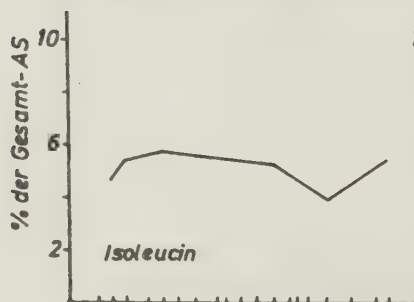
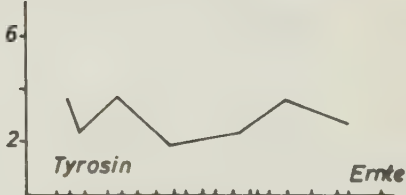
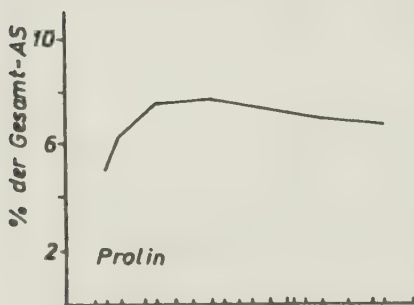
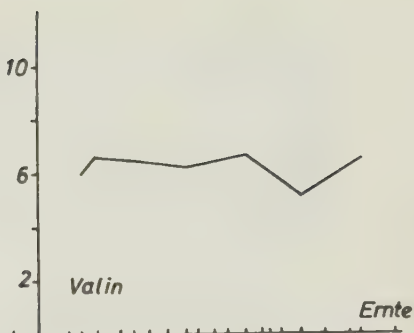
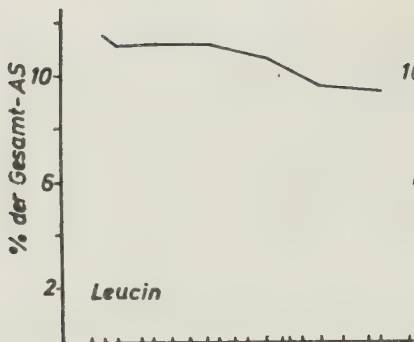


Abbildung 10: Aminosäuregehalt des Sommerweizens 1968 bei Variante 3 in % der Gesamtreineiweißamino-säuren

einzelnen Aminosäuren niederschlagen.

Bei Glycin, Histidin und Lysin steigt der prozentuale Anteil an den Gesamtaminosäuren des Reineiweißes von der II. zur III. Ernte an, um danach bis zur V. Ernte wiederum abzufallen. Darauf folgt eine Periode, die bis zur ersten Abtrennung der Körner von der Gesamtpflanze reicht, in der eine ausgeprägte Konstanz der Aminosäurezusammensetzung des Eiweißes zu beobachten ist. Lysin und Histidin nehmen dann im Stroh leicht ab, während der Anteil an Glycin leicht ansteigt.

Die Gehalte des Eiweißes an Leucin, Alanin und Glutaminsäure fallen zu Beginn der Vegetationsperiode leicht ab und bleiben dann ebenfalls in der Zeit von der V. bis zur XII. Ernte, bei Glutaminsäure und bei Alanin bis zur XIX. Ernte konstant. Der Leucingehalt des Strohs sinkt im Gegensatz dazu ab.

Der Anteil der Asparaginsäure, des Threonins und des Serins sinkt ebenfalls zunächst zwischen der II. und der III. Ernte mehr oder weniger stark ab. Nach einem erneuten Anstieg zur V. Ernte ist dann ebenfalls eine Periode mit wenig ausgeprägten Veränderungen im Anteil der Aminosäuren am Reineiweiß zu beobachten, die bei Asparaginsäure und Threonin bis zur XIX. Ernte reicht. Das Stroh zeigt erhöhte Anteile an Serin.

Bei der Betrachtung der Gehalte an Valin und Isoleucin fällt auf, daß zu Beginn der Vegetationsperiode leichte Gehaltssteigerungen eintreten. Vom V. bis zum XII. Erntetermin zeigen sich wiederum konstante Gehalte. Zur XVI. Ernte ist bei beiden Aminosäuren ein starker Gehaltsabfall zu beobachten. Zur XIX. Ernte steigen die Anteile an Valin und Isoleucin wieder auf die Werte an, die zur XII. Ernte festgestellt wurden.

Auch der Gehalt an Prolin steigt bis zur V. Ernte an

und sinkt dann leicht bis zum Ende der Vegetation ab. Die beiden einzigen Aminosäuren, die im Wachstumsverlauf des Sommerweizens stärkere Schwankungen aufweisen, sind das Phenylalanin und das Tyrosin. Die Anteile beider Aminosäuren am Protein sinken von der II. zur III. Ernte ab, steigen zur V. Ernte wieder an, um zur VIII. Ernte wieder abzufallen. Danach ist bei Phenylalanin bis zum Ende der Vegetation ein Anstieg zu beobachten. Der Tyrosingehalt des Eiweißes steigt ebenfalls von der VIII. bis zur XVI. Ernte an und sinkt dann aber zur XIX. Ernte ab. Die Gehaltswerte für Tyrosin und Phenylalanin sind mit Vorbehalt zu beurteilen, da wahrscheinlich die Zerstörung beider Aminosäuren zu unterschiedlichen Verlusten und damit zu ungenauen und nicht reproduzierbaren Ergebnissen führten.

Von der V. Ernte an, die im 4 Blattstadium erfolgte, bis zur Ausbildung der Körner ist also im vorliegenden Versuchsmaterial mit Ausnahme der Werte für Tyrosin und Phenylalanin eine ausgeprägte Konstanz der Aminosäurezusammensetzung des Reinproteins der Pflanze zu beobachten. Ob diese Konstanz auf ein während dieser Zeitspanne gleichbleibendes Enzymmuster zurückzuführen ist, oder ob zwar Proteine unterschiedlicher Primärstruktur aber mit gleichen Anteilen der verschiedenen Aminosäuren synthetisiert werden, müßte durch eine Fraktionierung des Gesamteiweißes in einzelne Komponenten festgestellt werden.

Ähnliche Untersuchungen wurden am Reinprotein verschiedenen alter Spinatblätter vorgenommen. Auch hier zeigte sich eine einheitliche, vom Blattalter unabhängige Aminosäurezusammensetzung (WENZEL und MICHAEL, 1966).

Erstaunlicherweise konnte in keinem der untersuchten Eiweißhydrolysate Arginin festgestellt werden. Durch welche Maßnahmen beim Analysengang eine von anderen

Autoren nicht beobachtete derart vollständige Zerstörung des Arginins erfolgte, ist nicht bekannt.

In den Körnern wurde auf eine Bestimmung der Aminosäurezusammensetzung des Reinproteins verzichtet, da in ihnen eine Ansammlung von Reserveeiweißen erfolgt. Damit ist das Reineiweiß des Korns als Maß für Untersuchungen über den Gehalt an lebendem System und dessen Zusammensetzung ungeeignet, wenn nicht eine Abtrennung des Embryos von den übrigen Kornbestandteilen erfolgt.

g. Diskussion der Versuchsergebnisse

Zielsetzung der vorliegenden Arbeit soll es sein, den Einfluß einer variierten N-Ernährung auf das Systemwachstum der Pflanze sowie auf den Zeitpunkt der Umsteuerung des pflanzlichen Stoffwechsels vom überwiegenden Systemwachstum zu vorherrschendem Produktwachstum zu untersuchen.

Die bisherigen Versuchsergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Eine unterschiedlich hohe Stickstoffernährung hat auf den Reineiweißgehalt und damit auf den Systemgehalt der Pflanzen zu Beginn der Vegetation keinen Einfluß.
2. Im weiteren Verlauf des Wachstums steigert eine erhöhte Stickstoffversorgung den prozentualen Reineiweiß- und Systemgehalt der Pflanzen.
3. Ebenso verursachen erhöhte N-Gaben einen Anstieg des Gesamt- und Reineiweißertrages der Pflanzen.

Die zu Beginn der Arbeit angestellten Überlegungen wiesen darauf hin, daß der Ertrag einer Pflanze auf der Stoffwechselleistung des lebenden Systems beruht und daß das Gesamtwachstum begrifflich in den Vorgang des System- und des Produktwachstums geschieden werden kann. Im vorliegenden Versuch verursachte die höhere N-Gabe

offensichtlich eine Steigerung der Produktionskapazität des Systems. Dadurch wurde die Pflanze zu größerer Syntheseleistung und damit zu einer Steigerung des Endertrages befähigt.

Um diese Tatsachen deuten zu können, wurden zunächst die Reineiweißmengen je Pflanze durch Multiplikation mit dem Faktor 3,3 in die Systemmengen je Pflanze im Lauf der Vegetation umgerechnet.

Es ergibt sich für Variante 1 wiederum der dreigegliederte Kurvenverlauf, mit einer Periode des Systemwachstums (1. - 60. Tag), einer Periode der konstanten Systemgehalte (60. - 90. Tag) und einer Periode des Systemabbaus im Stroh (90. - 133. Tag).

Um nähere Angaben über den zeitlichen Verlauf des Systemwachstums machen zu können, wurden die täglichen Zuwachsraten des Systems errechnet. Die Werte geben an, wieviel mg System pro Tag im Verlauf der Vegetation von einer Pflanze synthetisiert worden sind. Die graphische Darstellung dieser Werte ist die Differentialkurve der zeitlichen Systemwachstumskurve. Das Maximum der täglichen Syntheseleistung an System pro Pflanze liegt zwischen der VII. und der VIII. Ernte. Dies besagt, daß zwischen dem 49. und dem 56. Wachstumstag die größten Zuwachsraten an System erfolgen und daß hier der Wendepunkt der Systemwachstumskurve liegt. Danach sinken die Werte wieder ab und werden nach dem 66. Wachstumstag negativ.

Aus der Differentialkurve des Systemwachstums läßt sich die Bildungsgeschwindigkeit für System im Verlauf der Vegetation berechnen. Dazu werden die täglichen Systemzuwachsraten in % von der jeweils vorhandenen Systemmenge je Pflanze ausgedrückt. Bildet man den Mittelwert von vier Ernten, so wird deutlich, daß die Bildungsgeschwindigkeit für System zu Beginn der Vegeta-

tion mit durchschnittlich 18,6 % der vorhandenen Systemmenge je Tag am größten ist. Sie sinkt dann im Durchschnitt von vier Ernten auf 5,2 und auf 0,2 % ab und wird nach der XI. Ernte negativ.

Um auch den zeitlichen Verlauf des Produktwachstums der Pflanze verfolgen zu können, wurden von den Werten der Trockensubstanz je Pflanze die zu derselben Ernte gefundenen Werte für die Systemmenge je Pflanze subtrahiert. Das Ergebnis sind die im Wachstumsverlauf in der Pflanze vorhandenen Produktmengen. Aus diesen Werten werden wiederum die täglichen Zuwachsraten an Produkt errechnet, um die Syntheseleistung des Systems für Produkte bestimmen zu können.

Aus den Werten der Differentialkurve des Produktwachstums geht hervor, daß zu Beginn der Vegetation nur geringe Zuwachsraten an Produkt erfolgen. Erst nach dem 49. Wachstumstag ist ein zunächst mäßiger und nach dem 56. Tag ein steiler Anstieg der Kurve zu beobachten. Das bedeutet, daß ein nennenswertes Produktwachstum erst zu diesem Zeitpunkt beginnt. Die dann folgende Periode der starken Produktsynthese reicht bis zum 86. Wachstumstag. Danach sinken die täglichen Produktzuwachsraten wieder ab. Die Produktsynthese endet am 97. Wachstumstag.

Die Differentialkurven des System- und des Produktwachstums verdeutlichen, daß die Pflanze zunächst durch Systemvermehrung ihre Produktionskapazität aufbaut und auf eine Größe bringt, die dann längere Zeit erhalten bleibt, bevor der Abbau einsetzt. Erst wenn das Maximum der täglichen Syntheseleistung für System überschritten ist, beginnt das eigentliche Produktwachstum. Zu der Zeit, als bereits kein Systemwachstum mehr zu beobachten ist, hat das Produktwachstum seine höchsten Werte. Da das Produktwachstum in dieser Zeit entscheidend zur Höhe des erzielten Endertrages beisteuert, ist sein Umfang,

der wiederum von der Produktionskapazität des Systems während dieser Periode bestimmt wird, von großer Bedeutung für den Landwirt. Große Produktionskapazitäten, repräsentiert durch hohe Reineiweißmengen je Pflanze, sind somit in diesem Zeitraum wünschenswert.

Um den Zeitpunkt der Umsteuerung des Stoffwechsels vom Systemwachstum in Produktwachstum zu bestimmen, wurde aus den Werten der Differentialkurve des Produktwachstums die Bildungsgeschwindigkeit für Produkt errechnet. Die täglichen Produktzuwachsraten wurden dazu in Prozent der jeweils vorhandenen Systemmenge je Pflanze ausgedrückt.

Man sieht, daß während der ersten vier Ernten die Bildungsgeschwindigkeit für das System erheblich über der Bildungsgeschwindigkeit für Produkte liegt. Erst nach dem 31. Wachstumstag übersteigt die Bildungsgeschwindigkeit für Produkte diejenige für System. Nach dem 42. Wachstumstag liegt die Bildungsgeschwindigkeit für System noch einmal über der von Produkt, um dann endgültig zugunsten eines vorherrschenden Produktwachstums abzusinken. Das bedeutet für die Pflanze, daß es zu einer Systemverdünnung kommt, der nur durch eine entsprechende Beschleunigung des Systemwachstums zu begegnen wäre.

Nach dem 31. Wachstumstag ändern sich also bei Variante 1 die Stoffwechselbedingungen im Sinne eines vermehrten Produktwachstums. Die Ursache hierfür kann in einer Verminderung des Stickstoffangebotes begründet sein, die dazu führt, daß die zur Systemsynthese notwendigen stickstoffhaltigen Baustoffe nicht mehr in dem dazu erforderlichen Mengenverhältnis angeboten werden. Sich daraus ergebende Stoffwechselüberschüsse führen zur Synthese von Produkten, so daß deren Bildungsgeschwindigkeit schließlich die Bildungsgeschwindigkeit

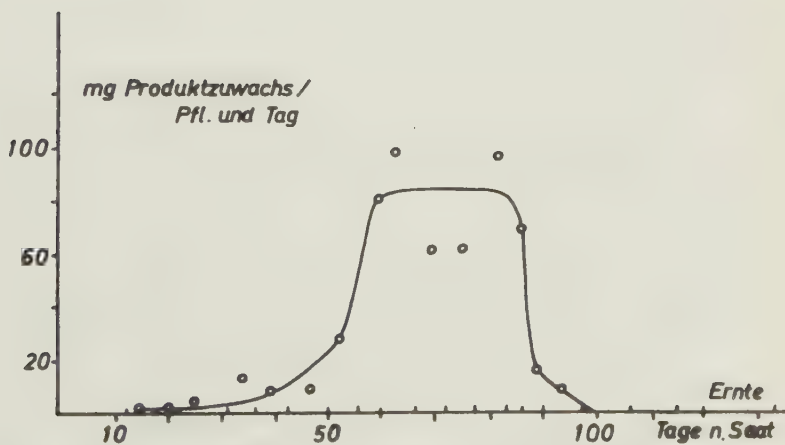
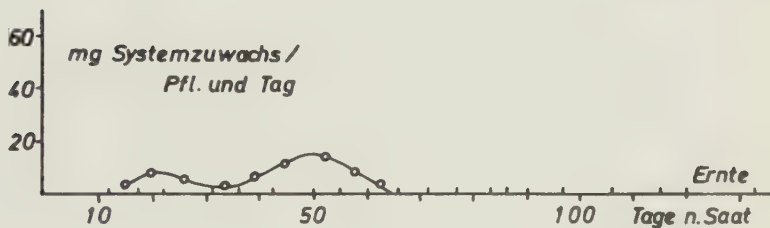
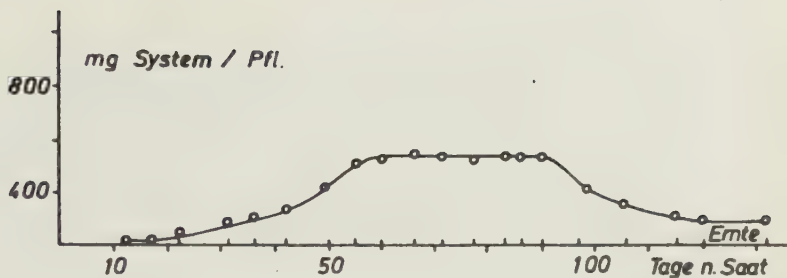


Abbildung 11: Systemgehalte je Pflanze, System- und Produktzuwachsrate je Pflanze und Tag bei Sommerweizen 1968, Variante 1

für System übersteigt.

Da der Pflanze nur in begrenztem Ausmaß die Möglichkeit der Ausscheidung dieser Produkte zur Verfügung steht, kommt es so zu einer immer stärker werdenden Produktsammlung, die zunächst zu einem Wachstumsstillstand des Systems und vielleicht schließlich zu seiner Abtötung führt.

Eine Gegenüberstellung der durchschnittlichen Bildungsgeschwindigkeiten für System einerseits und für Produkt andererseits im Verlauf der Vegetation veranschaulicht die unterschiedliche zeitliche Entwicklung des System- und des Produktwachstums der Pflanze.

	Ernte			
	I.-V.	V.-IX.	IX.-XIII.	XIII.-XVII.
B _{Sy}	18,6	5,2	0,2	
B _{Pr}	9,9	14,0	23,7	2,0

Auch bei den Pflanzen der Variante 2 ist im Verlauf der Vegetation während der ersten 60 Tage eine Periode starken Systemwachstums zu beobachten. Vom 60. bis 71. Wachstumstag, zu der Zeit also, zu der bei Variante 1 bereits Wachstumsstillstand des Systems zu beobachten ist, wächst das System der Variante 2 noch leicht an. Erst danach stellt es sein Wachstum ein. Bis zum 90. Tag nach der Saat behält es seine Größe. Im Anschluß daran kommt es im Stroh zu einem Systemabbau.

Die aus der zeitlichen Systemwachstumskurve ermittelte Differentialkurve der Systemzuwachsrate hat ihr Maximum zwischen der VII. und der VIII. Ernte. In Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Variante 1 erfolgen also zwischen dem 49. und dem 56. Wachstumstag die größten Systemzuwachsrate. Während bei Variante 1 jedoch

die maximale tägliche Zuwachsrate 12,53 mg beträgt, liegt Variante 2 mit einem maximalen Zuwachs von 30,22 mg System pro Tag mehr als doppelt so hoch. Der Grund hierfür ist in der zu diesem Zeitpunkt bei Variante 2 vorhandenen wesentlich höheren Systemmenge je Pflanze zu suchen. Da die Systemmenge die Produktionskapazität des Stoffwechsels repräsentiert, haben die Pflanzen der Variante 2 eine wesentlich höhere Leistungsfähigkeit für die Synthese von System. Daraus resultieren dann die erheblich höheren Zuwachsraten. Negative Systemzuwachsraten, die den Beginn des Wachstumsstillstandes des Systems anzeigen, treten bei Variante 2 erst nach der XI. Ernte (71 Tage nach der Saat) , also fünf Tage später als bei Variante 1 auf.

Aus den Differentialquotienten des Systemwachstums werden auch für Variante 2 die Bildungsgeschwindigkeiten für System errechnet. Die aus vier Ernten ermittelten durchschnittlichen Werte der Bildungsgeschwindigkeiten für System liegen bei Variante 2 im gesamten Wachstumsverlauf über den Werten der Variante 1. Die erhöhten Systemgehalte der Pflanzen der Variante 2 ergeben sich also einerseits aus einer höheren Produktionskapazität und andererseits aus erhöhten Bildungsgeschwindigkeiten für System.

Der Verlauf des Produktwachstums ist bei Variante 2 ähnlich wie bei Variante 1. Auch hier erfolgt zu Beginn der Vegetation kein nennenswertes Produktwachstum. Erst nach der VIII. Ernte, also 56 Tage nach der Saat, ist ein steiler Anstieg der Produktzuwachsraten zu beobachten. Im Vergleich zu Variante 1 bedeutet dies, daß das eigentliche Produktwachstum etwa sieben Tage später einsetzt. Die während der dann folgenden Periode des vorherrschenden Produktwachstums zu beobachtenden Produktzuwachsraten liegen erheblich über denen der Variante 1.

Außerdem nehmen sie erst nach dem 90. Wachstumstag ab, und 97 Tage nach der Saat ist im Sroh die Vitalitätsgrenze des Systems erreicht, was sich in einer Beendigung der Syntheseleistung des Systems für Produkte äußert.

Bei Variante 2 liegen also sowohl der Beginn als auch das Ende des linearen Produktanstieges in der Pflanze später als bei Variante 1. Die Ursache hierfür muß darin zu suchen sein, daß auch die Umsteuerung des Stoffwechsels vom System- in Produktwachstum zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt. Dadurch hat die Pflanze einen längeren Zeitraum zum Aufbau ihrer Produktionskapazität zur Verfügung und die sich daraus ergebende erhöhte Leistungsfähigkeit des stoffwechselnden Systems verursacht den höheren Endertrag der Pflanze.

Um dies zu verdeutlichen, wurde die Bildungsgeschwindigkeit für das Produkt im Lauf der Vegetation bestimmt. Während bei Variante 1 der durchschnittliche Wert der ersten vier Ernten schon bei 9,9 % liegt, beträgt er bei Variante 2 nur 6,4 %. Nach der V. Ernte übertrifft zwar auch bei Variante 2 die Bildungsgeschwindigkeit für Produkte die Bildungsgeschwindigkeit für System, aber nach der VI. und VII. Ernte wiederum ist die Bildungsgeschwindigkeit für System größer als die für Produkte. Nach dem 42. Wachstumstag liegen also, wahrscheinlich verursacht durch ein infolge der Regenwasserzugabe erhöhtes N-Angebot wieder systemwachstumsbegünstigende Stoffwechselbedingungen vor.

Da das System durch die erst geringe Ansammlung von Stoffwechselprodukten noch nicht strukturell geschädigt ist, wird die Systemsynthese erneut beschleunigt. Daraus resultieren eine vorübergehende Produktverdünnung und eine Ausweitung der Produktionskapazität des Systems.

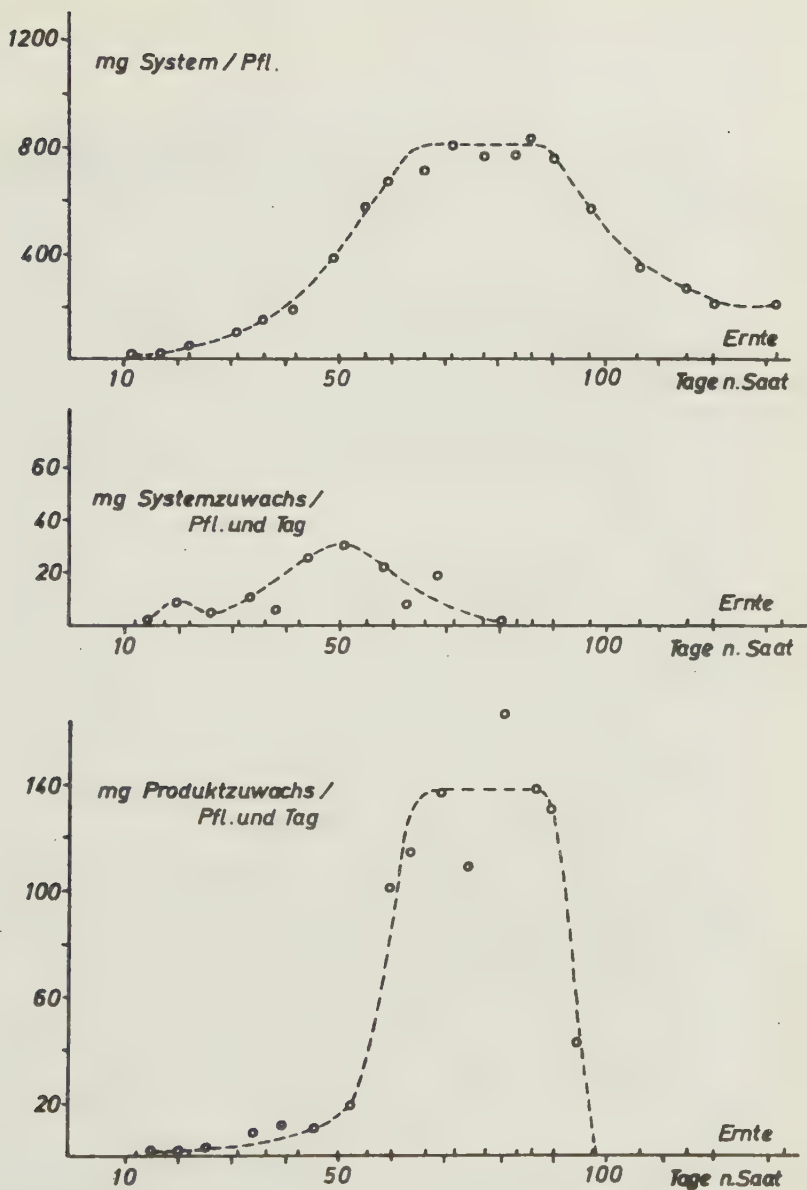


Abbildung 12: Systemgehalte je Pflanze, System- und Produktzuwachsrate je Pflanze und Tag bei Sommerweizen 1968, Variante 2

Erst nach der VIII. Ernte (56 Tage nach der Saat) übertrifft dann endgültig die Bildungsgeschwindigkeit für Produkt die Bildungsgeschwindigkeit für System, und es kommt dadurch zu einer Systemverdünnung in der Pflanze.

Stellt man auch für Variante 2 die Bildungsgeschwindigkeit für System und für Produkt einander gegenüber, so übertrifft zwar auch hier die durchschnittliche Bildungsgeschwindigkeit für Produkte von der V. bis IX. Ernte die Bildungsgeschwindigkeit für das System während dieser Zeit, aber der Unterschied zwischen den beiden Werten ist wesentlich geringer, als es bei Variante 1 der Fall ist.

	Ernte			
	I.-V.	V.-IX.	IX.-XIII.	XIII.-XVII.
B_{Sy}	22,0	7,4	1,4	
B_{Pr}	6,4	8,9	17,8	6,4

Bei Variante 3 dauert die Periode des starken Systemwachstums vom Beginn der Vegetation bis zum 71. und die Periode der konstanten Systemmengen je Pflanze bis zum 90. Wachstumstag. Danach erfolgt im Stroh ein Systemabbau. Die während der Zeit der Systemkonstanz erzielten Systemmengen je Pflanze liegen weit über denen von Variante 2 und Variante 1.

Während die maximale tägliche Systemsyntheseleistung sowohl bei Variante 1 als auch bei Variante 2 zwischen dem 49. und dem 56. Wachstumstag zu beobachten ist, erfolgt sie bei Variante drei erst zwischen dem 56. und dem 60. Tag nach der Saat. Zwischen dem 60. und dem 66. Wachstumstag sinkt sie ab, um danach zwischen dem 66. und dem 71. Tag wieder bis auf einen Wert, der fast so groß ist wie der maximale tägliche Systemzuwachs, an-

zusteigen. Dies geschieht zu einer Zeit, als die Zuwachsraten bei Variante 1 schon negativ sind. Nach dem 71. Wachstumstag ist dann auch bei Variante 3 Wachstumsstillstand des Systems zu beobachten.

Die Berechnung der Bildungsgeschwindigkeit für System im Verlauf der Vegetation zeigt, daß der durchschnittliche Wert der ersten vier Ernten mit 28,8 % sowohl Variante 1 mit 18,6 % als auch Variante 2 mit 22,0 % übersteigt. Auch im weiteren Wachstumsverlauf liegen die Bildungsgeschwindigkeiten für System im Vergleich zu den beiden anderen Varianten höher.

Die Versuchsergebnisse lassen erkennen, daß die N-Ernährung der Variante 3 das Systemwachstum sowohl in seinem Umfang vermehrt als auch in seiner zeitlichen Ausdehnung verlängert. Da das Systemwachstum, das als Reduplikationswachstum zu verstehen ist, nicht in einfacher, linearer Proportionalität zur Zeit, sondern exponentiell erfolgt, ist es verständlich, daß eine derart große Steigerung der Systemmengen je Pflanze durch eine verhältnismäßig geringe Verlängerung seiner Wachstumszeit verursacht wird.

Die verlängerte Phase des Systemwachstums wirkt sich wiederum charakteristisch auf den Verlauf des Produktwachstums aus. Wie bei Variante 2 setzt auch bei Variante 3 das Produktwachstum später ein und endet auch später als bei Variante 1. Außerdem liegen die maximalen täglichen Zuwachsraten höher als bei Variante 1 und 2, da die Leistungsfähigkeit des stoffwechselnden Systems gesteigert ist.

Die Bildungsgeschwindigkeit für Produkte im Verlauf der Vegetation zeigt ebenfalls charakteristische Unterschiede zu Variante 1 und 2. Sie liegt zu Beginn der Vegetation bis zum 56. Wachstumstag ununterbrochen unter der Bil-

dungsgeschwindigkeit für das System. Erst danach erfolgt
 die Stoffwechselumsteuerung im Sinne einer vermehrten
 Synthese von Produkten. Der durchschnittliche Wert der
 Bildungsgeschwindigkeit für System liegt daher bei Va-
 riante 3 von der V. bis zur IX. Ernte im Gegensatz zu
 Variante 1 und 2 noch über dem durchschnittlichen Wert
 der Bildungsgeschwindigkeiten für Produkt.

	Ernte			
	I.-V.	V.-IX.	IX.-XIII.	XIII.-XVII.
B _{Sy}	28,8	9,3	1,6	
B _{Pr}	6,6	7,8	14,0	4,3

Die Ergebnisse lassen erkennen, daß eine erhöhte N-Gabe
 bei Sommerweizen unter den vorliegenden Versuchsbedin-
 gungen die Phase des vorherrschenden Systemwachstums ver-
 längert, weil das Nährstoffangebot, das die Mengenrela-
 tion der zur Stoffproduktion der Pflanze benötigten Bau-
 steine bestimmt, über längere Zeit systemwachstumsbegün-
 stigende Stoffwechselbedingungen schafft. Bei Variante 1
 mit niedriger Stickstoffgabe übertrifft zum ersten Mal
 nach dem 31. Wachstumstag die Bildungsgeschwindigkeit
 für Produkte die Bildungsgeschwindigkeit für System, bei
 Variante 2 mit mittlerer Stickstoffgabe nach dem 36.
 und bei Variante 3 mit hoher Stickstoffgabe nach dem
 56. Wachstumstag.

Da das Systemwachstum exponentiell zur Zeit erfolgt,
 verursacht eine Ausdehnung seiner Wachstumszeit um nur
 wenige Tage ein starkes Anwachsen der Systemmengen je
 Pflanze. Da diese wiederum die Produktionskapazität für
 Produkte nach der Stoffwechselumsteuerung repräsentieren,
 wird die Ertragsleistung der Pflanze ebenfalls gesteigert.

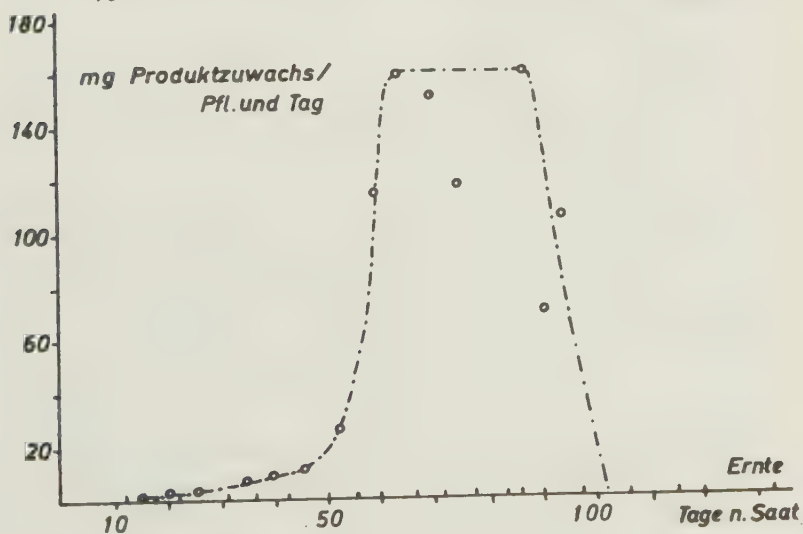
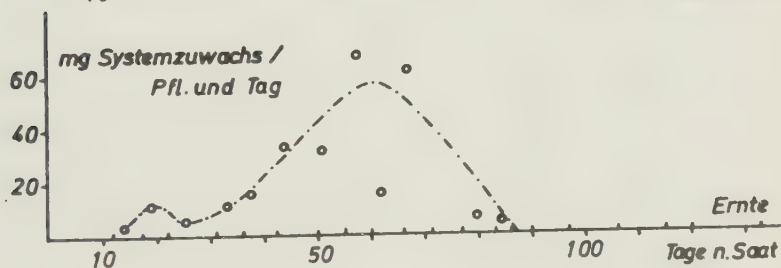
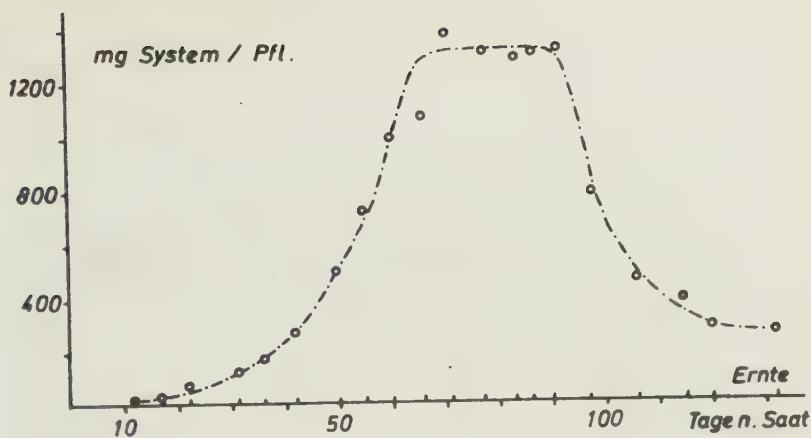


Abbildung 13: Systemgehalte je Pflanze, System- und Produktzuwachsrate je Pflanze und Tag bei Sommerweizen 1968, Variante 3

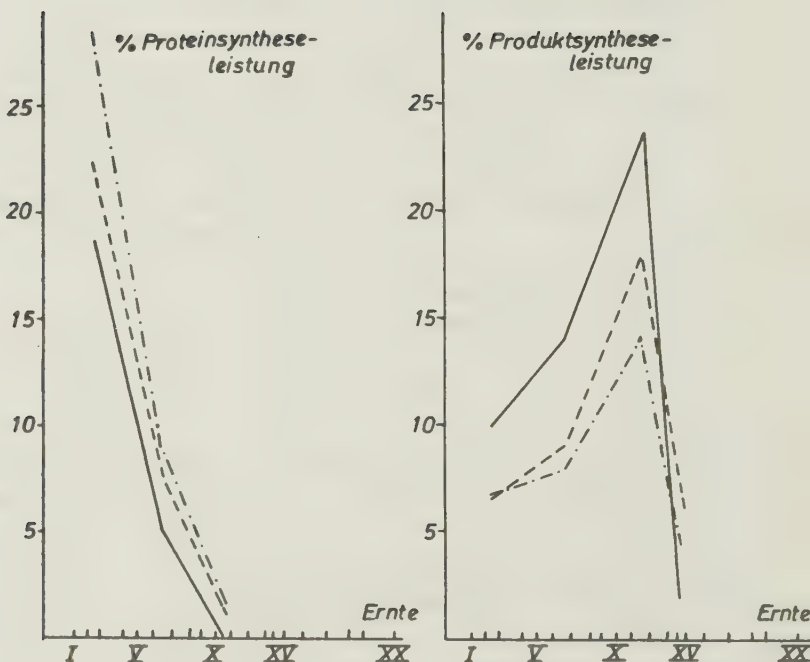


Abbildung 14: Proteinsynthese- und Produktsyntheseleistung in % der vorhandenen Systemmenge je Pflanze bei Sommerweizen 1968

bei Variante 1 — = 0,6 g N / Gef

bei Variante 2 - - - = 1,2 g N / Gef

bei Variante 3 -.-.- = 1,8 g N / Gef

Die höchste Stickstoffgabe von 1,8 g N je Gefäß reicht im vorliegenden Versuch offensichtlich noch nicht in den Bereich hinein, in dem durch ein Überangebot an stickstoffhaltigen Baustoffen frühzeitige Stoffwechselüberschüsse und damit frühzeitige Produktbildung verursacht

werden könnten.

Vergleicht man die maximalen Produktsyntheseleistungen aller drei Varianten, so fällt auf, daß Variante 1 mit 29,8 % Produktzuwachs je Tag der vorhandenen Systemmenge höher als Variante 2 liegt, bei der der maximale Wert nur 21,6 % beträgt. Am niedrigsten liegt Variante 3 mit 17,4 % Produktzuwachs je Tag, ausgedrückt in Prozent der jeweils vorhandenen Systemmenge je Pflanze.

Die Werte lassen erkennen, daß die bei Variante 1 herrschende Nährstoffmangelsituation die höchste Ausnutzung des angebotenen Baustoffes Stickstoff durch die lebentragenden Zellstrukturen verursacht.

Bei Variante 3 ist offensichtlich nicht der Stickstoff der begrenzende Faktor für die Substanzproduktion und damit für das Wachstum der Pflanze. Man sieht, daß hier die bei Variante 1 sichtbar gewordenen Leistungsfähigkeit des Systems nicht voll ausgenutzt wird. Diese Erscheinung ist wahrscheinlich dahingehend zu erklären, daß bei Variante 3 andere Faktoren wie beispielsweise das Licht oder das CO_2 - Angebot ins Minimum geraten sind.

Ähnlich wie in einer optimal mit Maschinen ausgestatteten Fabrik kommt es so durch Mangel an irgendeinem Rohstoff zu einer nicht vollständigen Ausschöpfung der tatsächlich möglichen Leistungsfähigkeit und damit auch nicht zu der möglichen Produktproduktion.

Es ist denkbar, daß durch eine Verbesserung des Licht- und CO_2 - Angebotes bei Variante 3 die vorhandene Produktionskapazität des Systems vollständiger ausgelastet werden würde und der Ertrag als Ergebnis der Produktionsleistung des lebenden Systems noch weiter gesteigert werden könnte.

2. Vegetation 1969

Einfluß gleich hoher, zeitlich gestaffelter

N-Gaben auf Wachstum und Eiweißhaushalt der Pflanze

a. Wachstumsbeobachtungen und Frischgewichte

Die Versuchsergebnisse des Jahres 1968 zeigten, daß das Systemwachstum und die Stoffwechselumsteuerung im Sinne eines vorherrschenden Produktwachstums durch die Höhe der N-Gabe beeinflußt werden kann. Die Versuche des Jahres 1969 wurden angestellt, um zu prüfen, ob die Phase des überwiegenden Systemwachstums durch eine zeitliche Staffelung der N-Gaben gegenüber einer einmaligen, gleich hohen N-Gabe verlängert werden kann. Außerdem sollte gezeigt werden, wie sich eine Nährstoffauswaschung auf das Systemwachstum und den erzielten Endertrag auswirkt. Die Versuchsanlage sei kurz stichwortartig skizziert.

Versuchspflanze:

Sommerweizen Heines Koga II

Aussaatmenge:

40 Körner je Gefäß

Versuchsumfang:

3 X 20 = 60 kleine Mitscherlichgefäße von 6,5 l Volumen

Versuchsboden:

"Klein Linden", nährstoffarmer, annähernd neutraler lehmiger Sandboden

Düngeplan:

Alle Gefäße erhielten mit 10 g Rhosphos = 1,5 g P_2O_5 und 2,5 g K_2O eine gleichmäßige Kalium und Phosphorversorgung

Variante 1 erhielt 0,4 g N = 1,818 g KAS je Gefäß vor der Saat. Im Verlauf der Vegetation wurden folgende gestaffelte N-Gaben verabreicht:

Zur Saat	2.4.69	0,4 g N/Gef als KAS	
1Blattstadium	14.4.69	0,1 g N/Gef als NH_4NO_3	
2Blattstadium	21.4.69	0,1 g N/Gef	" "
3Blattstadium	28.4.69	0,2 g N/Gef	" "
Nach Bestockungsende	5.5.69	0,3 g N/Gef	" "
bei Schoßbeginn	12.5.69	0,3 g N/Gef	" "

Nach Ende des Schossens	20.5.69	0,2 g N/Gef als NH_4NO_3		
Nach der Blüte	27.6.69	0,2 g N	"	"
Gesamte N-Gabe je Gefäß		1,8 g N	"	"

Variante 2 erhielt zur Saat 1,8 g N je Gefäß = 8,182 g KAS. Zu Beginn der Bestockung, am 29.4.69 wurde durch Zugabe von 500 ml destilliertem Wasser nach Überschreiten der Wasserkapazität eine Nährstoffauswaschung vorgenommen. Das durchgesickerte Wasser wurde gesammelt und in Portionen von 125 ml wieder zugegeben.

Termine der Zugaben des Auswaschwassers:

Nach Ende der Bestockung	5.5.69	125 ml
Bei Schoßbeginn	12.5.69	125 ml
6 Blattstadium	16.5.69	125 ml
Ende des Schossens	20.5.69	125 ml

Gesamte zugegebene Menge	500 ml
--------------------------	--------

Variante 3 erhielt zur Saat 1,8 g N je Gefäß = 8,182 g KAS. Zu Beginn der Bestockung am 29.4.69 wurde durch Zugabe von 500 ml destilliertem Wasser nach Überschreiten der Wasserkapazität eine Nährstoffauswaschung vorgenommen. Das Wasser wurde nicht wieder zugegeben.

Aussaattermin: 2.4.69

Ernteplan: Im Verlauf der Vegetation wurden die oberirdischen Pflanzenteile in Zeitabschnitten von 7 - 15 Tagen geerntet. Wachstumsbeobachtungen, Pflanzenhöhe, Frischgewichte und Trockengewichte wurden festgehalten.

E r n t e p l a n

Ernte	Datum	Tage n. Saat	Anzahl der Pflan- zen pro Ernte
I.	14.4.69	12	9 Pfl/Gef 180
II.	21.4.69	19	5 Pfl/Gef 100
III.	28.4.69	26	4 Pfl/Gef 80
IV.	5.5.69	33	Vereinz.auf 50 18Pfl/Gef
V.	12.5.69	40	2 Gef. zu je 18
VI.	20.5.69	48	2 Gef. zu je 18
VII.	30.5.69	58	2 Gef. zu je 18
VIII.	4.6.69	63	2 Gef. zu je 18
IX.	19.6.69	78	2 Gef. zu je 18
X.	27.6.69	86	2 Gef. zu je 18
XI.	11.7.69	100	2 Gef. zu je 18
XII.	18.7.69	107	2 Gef. zu je 18
XIII.	29.7.69	118	2 Gef. zu je 18

Wachstumsbeobachtungen und Frischgewichte des Sommerweizens 1969 bei Variante 1 = 0,4 g N je Gefäß zur Saat und 1,4 g N je Gefäß in gestaffelten Gaben

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.
I.	Keimblatt und 1.Blatt entwickelt. Düngung 1 verabreicht.	0,11
II.	2.Blatt angelegt. Düngung 2 verabreicht	0,22
III.	3.Blatt entwickelt sich.Bestockung beginnt.Düngung 3 verabreicht.	0,54
IV.	4.Blatt entwickelt sich.2 Nebenhalm vorhanden.Auf 18 Pfl/Gef vereinzelt.Düngung 4 verabreicht. Pfl.Höhe 29 cm	1,31
V.	5.Blatt entwickelt sich.Stadium des Schossens.Düngung 5 verabreicht.Pfl.Höhe 40 cm	2,92
VI.	6.Blatt entwickelt.Düngung 6 verabreicht.Pfl.Höhe 53 cm	6,98
VII.	7.Blatt entwickelt sich.Pfl.Höhe 73 cm.Ährenlänge 3,5 cm	13,35
VIII.	7.Blatt voll entwickelt.Haupt- halm verdickt sich.1.und 2.Blatt abgestorben.Mehltau.Pfl.Höhe 88 cm.Ährenlänge 6,5 cm	15,50
IX.	Weizen blüht.Bis zum 4.Blatt abgestorben.Pfl.Höhe 115 cm.Ähre 11 cm	18,61
X.	Weizen blüht noch.6.Blatt stirbt ab.Düngung 7 verabreicht.	17,60
XI.	7.Blatt noch grün.Pfl.bis zum 2. Internodium abgestorben.2-3 ähren- tragende Halme je Pflanze	18,97
XII.	Haupthalme gelb.Nebenhalm bis zum III. Internodium abgestorben	16,23
XIII.	Vollreife	9,73

Wachstumsbeobachtungen und Frischgewichte des Sommerweizens 1969 bei Variante 2 = 1,8 g N je Gefäß zur Saat, Nährstoffauswaschung und Wiedertzugabe des Auswaschwassers

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.
I.	Keimblatt und 1.Blatt entwickelt	0,11
II.	2.Blatt angelegt.Pfl.kräftiger als Variante 1	0,24
III.	3.Blatt entwickelt sich	0,64
IV.	4.Blatt entwickelt sich.2 Nebenhalm ausgebildet.Auf 18 Pfl/Gef vereinzelt.	1,69
V.	5.Blatt entwickelt sich.Stadium des Schossens.Pfl.Höhe 46 cm	3,81
VI.	6.Blatt gut entwickelt.Pfl.Höhe 60 cm	7,73
VII.	7.Blatt voll entwickelt.Mehltaubefall.Pfl.Höhe 78 cm.Ährenlänge 5 cm	14,26
VIII.	Blätter sehr breit.Haupthalm verdickt sich.Pfl.Höhe 90 cm.Ährenlänge 8,5 cm	16,11
IX.	Weizen blüht.5.Blatt stirbt ab.Pfl.Höhe 115 cm.Ährenlänge 10 cm	18,65
X.	Weizen blüht noch.6.Blatt stirbt ab	17,49
XI.	7.Blatt fast völlig abgestorben.2-3 ährentragende Halme je Pfl. Pfl. bis zum 2.Internodium gelb	16,90
XII.	Haupthalm gelb.Nebenhalm bis zum 3.Internodium abgestorben.Milchreife	14,76
XIII.	Vollreife	9,14

Wachstumsbeobachtungen und Frischgewichte des Sommerweizens 1969 bei Variante 3 = 1,8 g N je Gefäß zur Saat und Nährstoffauswaschung

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.
I.	Keimblatt und 1.Blatt entwickelt	0,11
II.	2.Blatt angelegt.Pfl.kräftiger als Variante 1	0,23
III.	3.Blatt entwickelt sich.Bestockung beginnt	0,59
IV.	4.Blatt entwickelt sich.Auf 18 Pfl/Gef vereinzelt.Pfl.Höhe 35 cm	1,62
V.	5.Blatt entwickelt sich.Stadium des Schossens.Pfl.Höhe 46 cm	4,03
VI.	Teilweise 7.Blatt angelegt.Nährstoffmangel.Älteste Blätter an Spitze und Rand aufgeheilt.Pfl. zäh.Pfl.Höhe 55 cm	6,64
VII.	7.Blatt vollentwickelt.Pfl.bis zum 3.Blatt gelb.Kein Mehltau. Pfl.Höhe 65 cm.Ährenlänge 5 cm	9,36
VIII.	4.Blatt abgestorben.Spärlicher Wuchs.Nur Haupthalme ausgebildet. Haupthalm verdickt sich.Pfl.Höhe 78 cm.Ährenlänge 10 cm	10,14
IX.	6.Blatt stirbt ab.Weizen blüht. Pfl.Höhe 105 cm.Ährenlänge 10cm	10,78
X.	Weizen blüht noch.	10,36
XI.	7.Blatt völlig abgestorben.Pfl. bis zum 3. Internodium gelb	11,15
XII.	Alle Halme abgestorben.Milchreife	11,25
XIII.	Vollreife	7,33

Frischgewichte der Ähren und des Strohs des Sommerweizens 1969

V a r i a n t e 1

Ernte	Ähren FS in g/Pfl.	Stroh FS in g/Pfl.
XI.	6,11	12,86
XII.	6,89	9,34
XIII.	4,31	5,42

V a r i a n t e 2

Ernte	Ähren FS in g/Pfl.	Stroh FS in g/Pfl.
XI.	6,35	10,55
XII.	6,72	8,04
XIII.	4,14	5,00

V a r i a n t e 3

Ernte	Ähren FS in g/Pfl.	Stroh FS in g/Pfl.
XI.	3,25	7,90
XII.	3,82	7,43
XIII.	2,61	4,72

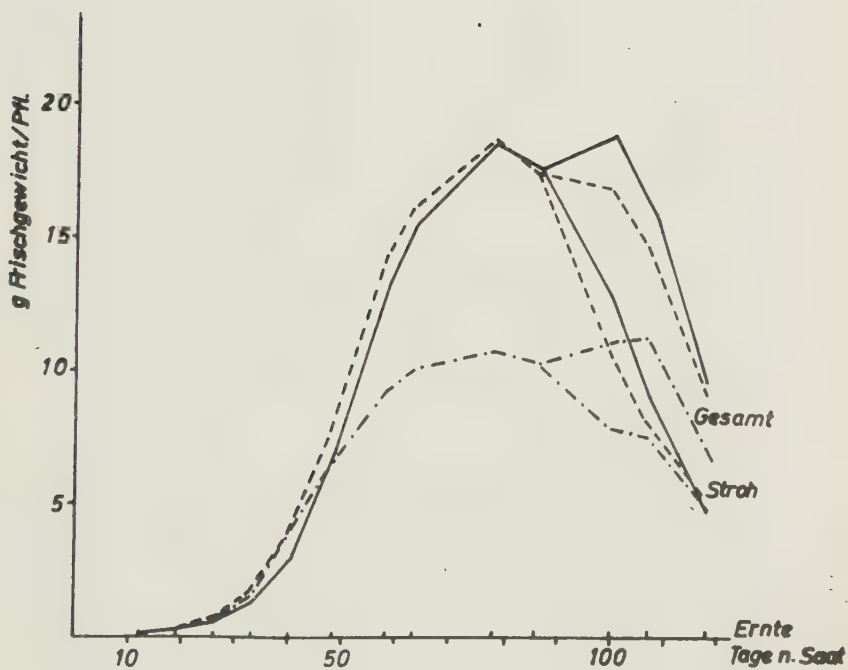


Abbildung 15: Frischgewichte des Sommerweizens 1969

bei Variante 1 — = 0,4 g N/Gef
+ 1,4 g N/Gef
bei Variante 2 - - - = 1,8 g N/Gef
bei Variante 3 -.-.-. = 1,8 g N/Gef
(Auswaschung)

Die Zahlen lassen erkennen, daß zwischen Variante 1 und Variante 2 nur geringe Unterschiede im Frischgewicht im Verlauf der Vegetation bestehen. Vom 1. bis zum 78. Wachstumstag liegen die Frischsubstanzerträge der Variante 2 geringfügig über den Werten der Variante 1. Vom 78. Wachstumstag bis zum Ende der Vegetation liegen dann die Werte der Variante 1 über denen der Variante 2. Das gleiche gilt für den Ähren- und Strohertrag, der zur Zeit der Vollreife erzielt wurde. Die Frischertragskurve hat bei beiden Varianten zur IX. Ernte, die 78 Tage nach der Saat und zur Zeit der Blüte erfolgte, ein Maximum. Bei Variante 1 jedoch ist am 100. Wachstumstag ein zweites Frischgewichtsmaximum zu beobachten.

Die Frischerträge der Variante 3 liegen während der ersten 48 Wachstumstage mit Variante 2 auf gleicher Höhe. Dann aber zeigen die Pflanzen infolge der Nährstoffauswaschung deutliche Mangelerscheinungen und bleiben im Ertrag weit hinter Variante 2 zurück.

b. Trockenерträge

Auch in der Trockensubstanzbildung zeigen Variante 1 und Variante 2 im Lauf der Vegetation nur geringfügige Unterschiede. Vom 1. bis zum 63. Wachstumstag liegt wiederum Variante 2 über Variante 1, und danach bis zum Ende der Vegetation Variante 1 über Variante 2. Die zur Vollreife erzielten Stroherträge sind annähernd gleich, während im Kornерtrag Variante 1 Variante 2 übertrifft.

Die Trockenерträge der Variante 3 liegen vom 1. bis zum 48. Wachstumstag mit Variante 2 auf gleicher Höhe. Danach bleibt Variante 3 im Ertrag zurück und erreicht mit 3,34 g Kornерtrag je Pflanze nur etwa 72 % des Kornерtrages der Variante 2.

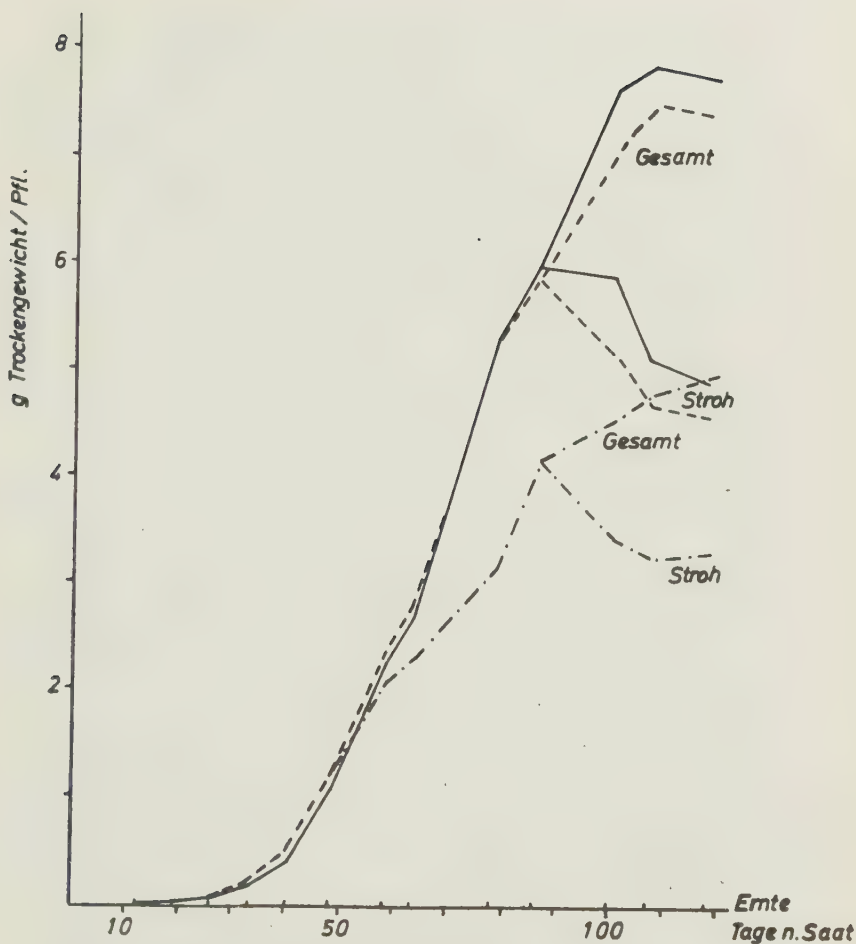


Abbildung 16: Trockengewichte des Sommerweizens 1969

bei Variante 1 — = 0,4 g N/Gef
+ 1,4 g N/Gef

bei Variante 2 - - - = 1,8 g N/Gef

bei Variante 3 - . - . = 1,8 g N/Gef
(Auswaschung)

c. Absolute und relative Rohproteingehalte

Das im Gefäßversuch gewonnene Pflanzenmaterial wurde zunächst einer Rohproteinbestimmung unterworfen. Der zur ersten Ernte ermittelte Rohproteingehalt der Variante 1 liegt mit 36,06 % Rohprotein der Trockensubstanz niedriger als Variante 2 mit 39,19 % und Variante 3 mit 39,13 %. Die Ursache hierfür liegt vermutlich in der geringen Stickstoffgabe von nur 0,4 g N je Gefäß zur Saat bei Variante 1. Bei allen drei Varianten bleiben die Rohproteingehalte während der ersten 26 Wachstumsstage annähernd konstant. In der dann folgenden Periode ist ein mehr oder weniger starker Abfall des Rohproteingehaltes zu beobachten.

Bei Variante 2 erfolgt, offensichtlich durch die am 27. Wachstumstag vorgenommene Nährstoffauswaschung verursacht, zwischen dem 26. und dem 33. Wachstumstag ein Abfall des Rohproteingehaltes um etwa 10 %. Zwischen dem 33. und 40. Tage nach der Saat bleibt dann der Rohproteingehalt der Trockensubstanz annähernd konstant. Diese Entwicklung ist auf die erste Zugabe von 125 ml Auswaschwasser am 33. Wachstumstag zurückzuführen.

Bei Variante 1 werden im Zeitraum vom 19. bis zum 48. Wachstumstag die Wirkungen der zusätzlichen N-Gaben auf den Rohproteingehalt der Pflanzen bemerkbar. In diesem Zeitraum liegen die Rohproteingehalte der Variante 1 im Gegensatz zu der Zeit davor höher als bei Variante 2. Am 48. Wachstumstag wurde den Pflanzen der Variante 1 die letzte der im vegetativen Wachstumsstadium applizierten N-Gaben verabreicht. Zu den Gefäßen der Variante 2 wurde am gleichen Tag die letzte Gabe des Auswaschwassers zugegeben. Im weiteren Vegetationsverlauf zeigt die letztere Maßnahme einen günstigen Einfluß auf den Rohproteingehalt der Pflanzen, da vom 58. Wachstumstag an die Rohproteingehalte der Variante 2 über denen der

Variante 1 liegen.

Die bei Variante 3 am 27. Wachstumstag erfolgte Nährstoffauswaschung zeigt sich im Rohproteingehalt bereits nach dem 33. Wachstumstag. Nach diesem Zeitpunkt ist ein im Gegensatz zu beiden anderen Varianten steilerer Abfall der Rohproteingehalte der Trockenmasse zu beobachten. Der Rohproteingehalt der Körner liegt mit 9,32 % etwa 22 % niedriger als der von Variante 1 und 2. Ihr Rohproteingehalt liegt mit 11,82 und 11,94 % annähernd auf gleicher Höhe.

Aus den Rohproteingehalten und dem jeweiligen Trockenmassenertrag wurden die Rohproteinerträge der Pflanzen im Lauf der Vegetation errechnet. Bei allen drei Varianten steigt der Rohproteinertrag bis zum 58. Wachstumstag an, bleibt dann bis zum 86. Wachstumstag etwa konstant und sinkt danach im Stroh ab. In den Körnern ist bis zur Vollreife ein Anstieg des absoluten Rohproteingehaltes zu beobachten. Der Rohproteinertrag der ganzen Pflanze steigt bis zum Ende der Vegetation leicht an.

Die Rohproteinerträge der Variante 2 liegen in der Periode des Rohproteinanstieges und der konstanten Rohproteinen Mengen je Pflanze über den Werten der Variante 1, da sie sich aus anfänglich höheren Erträgen und später aus höheren relativen Rohproteingehalten errechnen. Im Stroh nähern sich die Werte beider Varianten an und im Korn liegt zur Zeit der Vollreife der Rohproteinertrag von Variante 1 leicht über Variante 2. Die am Ende der Vegetation erzielten Gesamtrohproteinerträge der Pflanzen sind etwa gleich groß. Sie betragen bei Variante 1 446,69 mg und bei Variante 2 451,47 mg Rohprotein je Pflanze.

Die zeitliche Entwicklung der Rohproteinerträge der Variante 3 stimmt vom Beginn der Vegetation bis zum 40. Wachstumstag mit der der Variante 2 überein. Danach bleibt

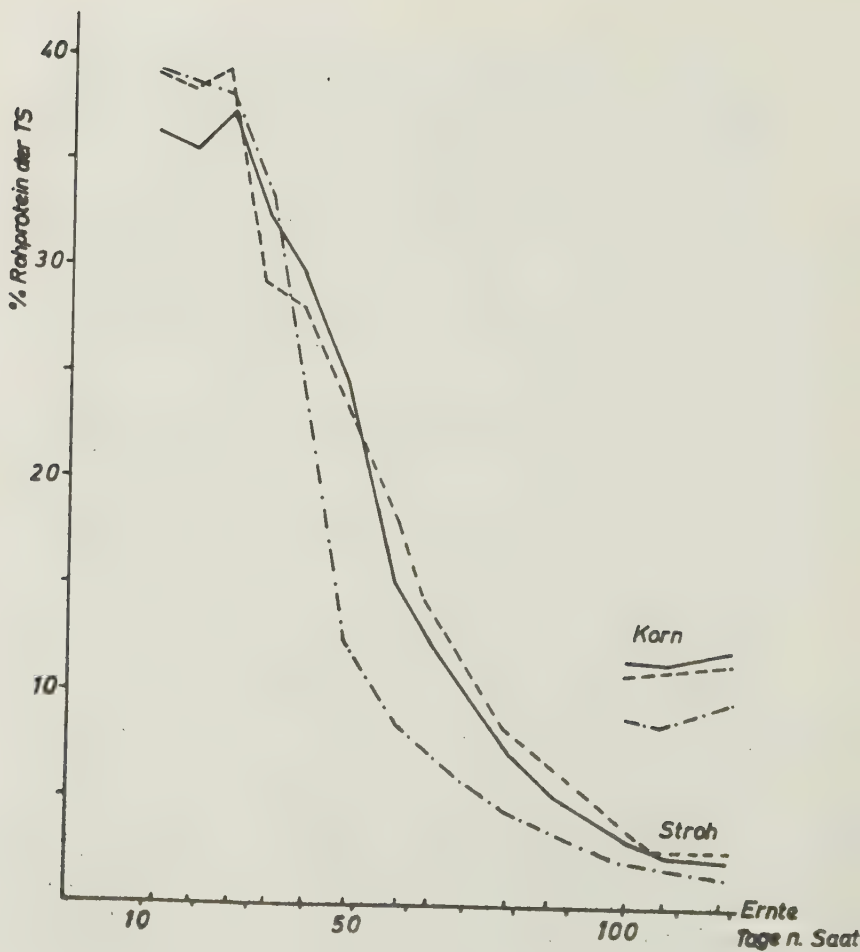


Abbildung 17: Relativer Rohproteingehalt der Trockensubstanz des Sommerweizens 1969

bei Variante 1 — = 0,4 g N/Gef
+ 1,4 g N/Gef

bei Variante 2 - - - = 1,8 g N/Gef

bei Variante 3 -.-.-.- = 1,8 g N/Gef
(Auswaschung)

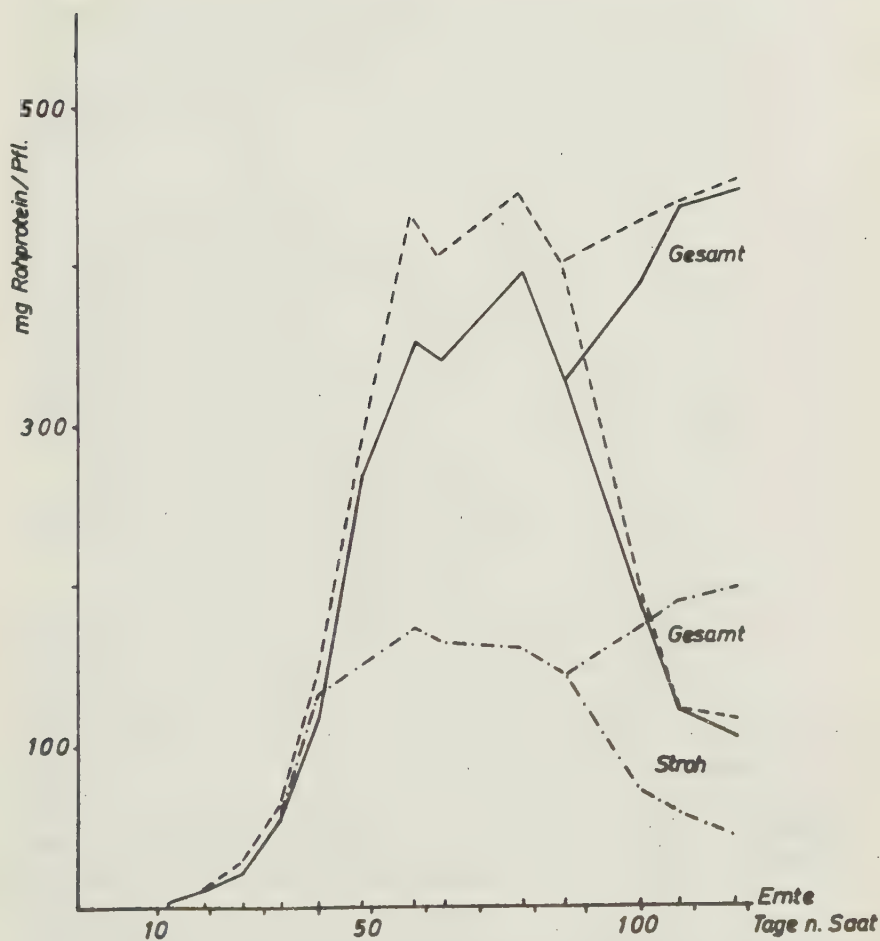


Abbildung 18: Absolute Rohproteinmengen je Pflanze bei Sommerweizen 1969

bei Variante 1 ————— = 0,4 g N/Gef
+ 1,4 g N/Gef
bei Variante 2 - - - - - = 1,8 g N/Gef
bei Variante 3 - . - . - . = 1,8 g N/Gef
(Auswaschung)

Variante 3 jedoch in den Rohproteinträgen stark zurück, da der Nährstoffmangel sowohl niedrigere Rohproteingehalte als auch geringere Trockenmassenerträge verursachte. Der Rohproteintrag der Körner beträgt zur Vollreife mit 154,71 mg Rohprotein je Pflanze nur etwa 46 % des Rohproteintrages der Variante 2.

d. Absolute und relative Reinproteingehalte

Um den zeitlichen Verlauf des Systemwachstums verfolgen zu können, wurde das Versuchsmaterial einer Reinproteinbestimmung unterworfen. Ähnlich wie bei den Ergebnissen der Rohproteinbestimmung weist während der ersten 26 Wachstumstage Variante 1 die niedrigsten Reinproteingehalte auf. Der zur I. Ernte bestimmte Reinproteingehalt beträgt bei Variante 1 28,94 %, bei Variante 2 31,31 % und bei Variante 3 32,25 % der Trockenmasse. Bis zum 26. Wachstumstag steigen die Werte bei allen drei Varianten leicht an und fallen dann im weiteren Wachstumsverlauf mehr oder weniger stark ab.

Die gestaffelten Stickstoffgaben der Variante 1 haben im Bereich vom 33. bis zum 48. Wachstumstag einen günstigen Einfluß auf den Reineiweißgehalt der Pflanzen. Während dieser Zeit erfolgt der Abfall im Reinproteingehalt weniger steil, so daß die Werte der Variante 1 über denen der Variante 2 liegen.

Bei Variante 2 nimmt zwischen dem 26. und dem 33. Wachstumstag der Reinproteingehalt um mehr als 7 % ab. Dieser starke Abfall ist offensichtlich auf die am 27. Wachstumstag vorgenommene Nährstoffauswaschung zurückzuführen. Die erneute Nährstoffzufuhr durch die in vier Portionen erfolgte Zugabe des Auswaschwassers vermindert im weiteren Wachstumsverlauf die Abnahme des Reinproteingehaltes der Pflanzensubstanz, so daß nach dem 58. Wachstumstag die Reinproteingehalte der Variante 2 wieder über den Werten der Variante 1 liegen. Im Stroh ist

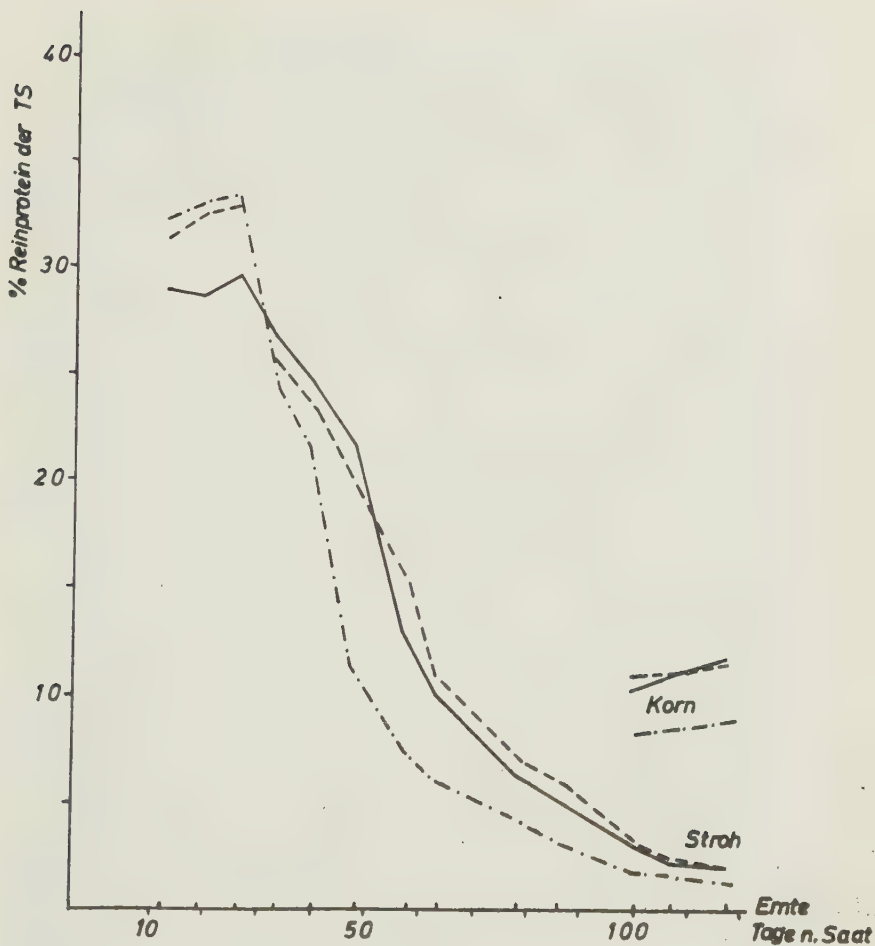


Abbildung 19: Relativer Reinproteingehalt der Trockensubstanz des Sommerweizens 1969

bei Variante 1 — = 0,4 g N/Gef
+ 1,4 g N/Gef
bei Variante 2 - - - = 1,8 g N/Gef
bei Variante 3 -.-.- = 1,8 g N/Gef
(Auswaschung)

eine Annäherung der Reinproteingehalte beider Varianten zu beobachten. Der Reineiweißgehalt der Körner zur Vollreife zeigt ebenfalls nur geringe Unterschiede.

Bei Variante 3 erfolgt ähnlich wie bei Variante 2 nach dem 26. Wachstumstag als Folge der Nährstoffauswaschung ein starker Abfall der Reinproteingehalte. Da das die Nährstoffe enthaltende Wasser nicht wieder zugegeben wurde, ist dann auch im weiteren Vegetationsverlauf die Abnahme des Reinproteingehaltes am größten, so daß vom 33. bis zum 86. Wachstumstag die Werte der Variante 3 weit unter denen von Variante 1 und 2 liegen. Im Stroh sind die Unterschiede weniger deutlich, in den Körnern jedoch beträgt der Reineiweißgehalt bei Variante 3 mit 8,88 % der Trockenmasse zur Vollreife nur 77 % des durchschnittlichen Gehaltes von Variante 1 und 2.

Ein Vergleich der absoluten Reineiweißgehalte der Varianten 1 und 2 zeigt, daß die Werte der Variante 1 sowohl in der Periode der starken Zunahme der Reineiweißmengen je Pflanze, die vom 1. bis zum 58. Wachstumstag dauert, als auch in dem vom 58. bis zum 86. Wachstumstag dauernden Zeitraum der konstanten Reineiweißmengen je Pflanze unter denen der Variante 2 liegen. Nur am 48. Wachstumstag sind die Reineiweißmengen je Pflanze bei beiden Varianten annähernd gleich. Während der nach dem 86. Wachstumstag beginnenden Periode des Eiweißabbaus im Stroh nähern sich die Werte beider Varianten einander an. Die Gesamteiweißmenge je Pflanze zur Vollreife liegt bei Variante 1 mit 430,39 mg geringfügig über Variante 2 mit 424,33 mg.

Bei Variante 3 erfolgt während der ersten 40 Wachstumstage der Anstieg der Reineiweißmengen je Pflanze im gleichen Maß wie bei Variante 2. Danach bleiben die Werte jedoch als Folge der Nährstoffauswaschung hinter denen der beiden anderen Varianten zurück. Die Periode kon-

stanter Reinproteinmengen je Pflanze beginnt schon am 48. und endet am 86. Wachstumstag. Danach erfolgt im Stroh ein Eiweißabbau und im Korn ein Eiweißaufbau. Die Gesamtmenge an Reineiweiß je Pflanze steigt bis zum Ende der Vegetation leicht an.

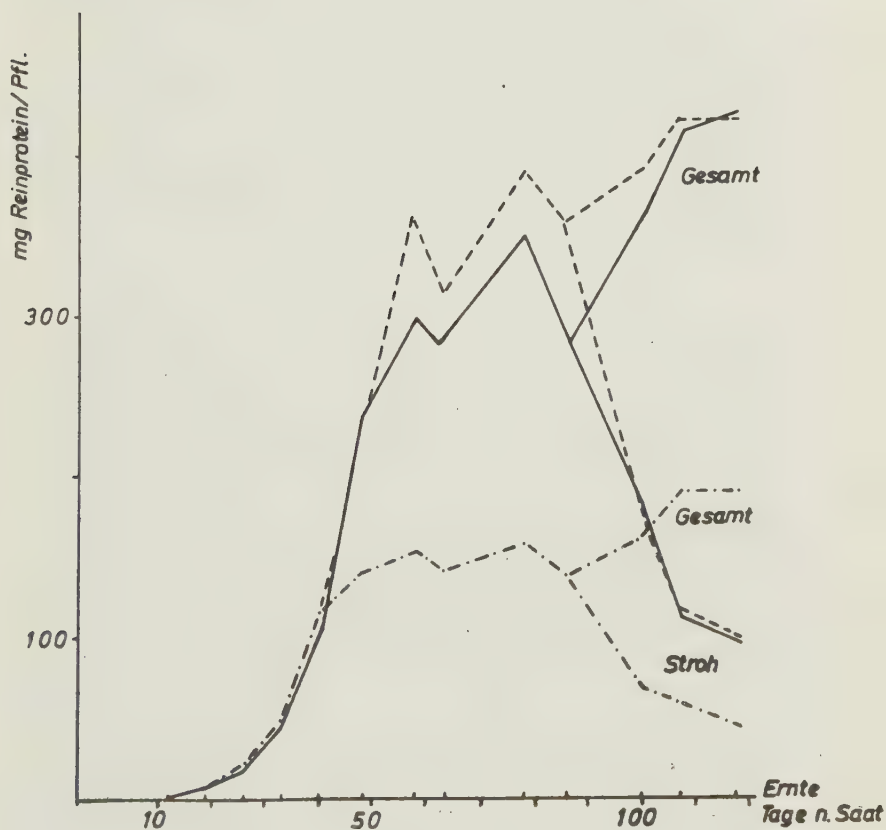


Abbildung 20: Absolute Reinproteinmengen je Pflanze bei Sommerweizen 1969

bei Variante 1 — = 0,4 g N/Gef
+ 1,4 g N/Gef
bei Variante 2 - - - = 1,8 g N/Gef
bei Variante 3 -.-.-. = 1,8 g N/Gef
(Auswaschung)

e. Diskussion der Versuchsergebnisse

Um die Wirkung von zeitlich gestaffelten Stickstoffgaben auf das Systemwachstum der Pflanze und die Stoffwechselumsteuerung im Sinne eines vorherrschenden Produktwachstums feststellen zu können, müssen die Ergebnisse des Versuchsjahres 1969 mit denen des Jahres 1968 verglichen werden, da in der Vegetation 1969 keine Variante mit einer einmaligen Stickstoffgabe von 1,8 g N je Gefäß vor der Saat angesetzt wurde. Zum Vergleich kann deshalb nur die Variante 3 des Jahres 1968 herangezogen werden, die mit 1,8 g N je Gefäß vor der Saat versorgt wurde und die auf dem gleichen Versuchsboden und dem gleichen Standort angebaut wurde.

Die Ergebnisse der beiden Jahre sind jedoch insofern mit Vorbehalt zu vergleichen, daß starke Unterschiede im Witterungsverlauf bestanden. Das Jahr 1969 zeichnete sich durch eine längere Periode mit überdurchschnittlich warmen Tagen aus. Außerdem standen die Versuchsgefäße auf Vegetationswagen und wurden über Nacht in die Vegetationshalle geschoben, so daß die Pflanzen während des Wachstums in beiden Jahren unterschiedlichen Vegetationstemperaturen ausgesetzt waren. Wie an anderer Stelle dieser Arbeit berichtet wird, hat aber eine Temperaturerhöhung einen wesentlichen Einfluß auf den Wachstumsverlauf der Pflanzen in dem Sinne, daß die Umsteuerung des Stoffwechsels vom überwiegenden Systemwachstum in vorherrschendes Produktwachstum zeitlich vorverlegt wird. Durch diese Tatsache wird die Vergleichsmöglichkeit zwischen beiden Jahren stark eingeschränkt, da ja gerade der Einfluß der gestaffelten N-Gaben auf das Systemwachstum geprüft werden soll.

Durch die überdurchschnittlichen Temperaturen im Jahr 1969 wurde die Vegetationszeit um 15 Tage verkürzt. Sie betrug insgesamt nur 118 Tage, im Jahr 1968 dagegen 133

Tage. Ähnlich wie in dem Vegetationsversuch in Rauisch-Holzhausen wurde also der Wachstums- und Reifeprozess der Pflanzen beschleunigt. Es ist zu erwarten, daß auch das Systemwachstum als Teilprozeß des Gesamtwachstums durch die veränderte Vegetationstemperatur beeinflusst wird, und die durch Stoffwechselüberschüsse eingeleitete Produktproduktion früher einsetzt. Damit haben die Pflanzen weniger Zeit zum Aufbau ihrer Produktionskapazität und zur Substanzproduktion zur Verfügung, so daß sich zur Vollreife niedrigere Enderträge gegenüber dem Jahr 1968 ergeben. Die vielleicht vorhandene Wirkung einer Staffelung der N-Gaben auf das Systemwachstum wird so durch die gleichzeitige Temperaturvariation und ihre Wirkung verdeckt.

Ein Vergleich ist vielleicht zulässig, indem man die jeweilige Gesamtvegetationszeit als 100 % setzt und zu errechnen versucht, wieviel Prozent der Vegetationszeit zum Zeitpunkt der Stoffwechselumsteuerung verstrichen sind.

Bei Variante 1 und 2 dauert die Periode des Systemwachstums übereinstimmend bis zum 58. Wachstumstag. Der dann folgende Zeitraum konstanter Systemmengen je Pflanze endet am 86. Wachstumstag und wird von einer Periode des Systemabbaus im Stroh und des Systemaufbaus im Korn abgelöst.

Der maximale Systemzuwachs erfolgt bei beiden Varianten zwischen dem 40. und dem 48. Wachstumstag. Er beträgt bei Variante 1 57,06 mg System je Tag und je Pflanze und bei Variante 2 50,07 mg. Zwischen dem 58. und dem 63. Wachstumstag werden die Zuwachsraten wiederum bei beiden Varianten übereinstimmend negativ.

Die aus den Differentialquotienten des Systemwachstums ermittelten Bildungsgeschwindigkeiten für System lie-

gen bei Variante 1 während der ersten 19 Wachstumstage niedriger als die Werte der Variante 2. Die Ursache hierfür ist wahrscheinlich die geringe Stickstoffgabe vor der Saat bei Variante 1. Vom 26. bis zum 48. Wachstumstag jedoch machen sich die Wirkungen der gestaffelten Stickstoffgaben bemerkbar, indem während dieser Zeit die Bildungsgeschwindigkeit für System bei Variante 1 über der Bildungsgeschwindigkeit für System von Variante 2 liegt.

Auch die Entwicklung des Produktwachstums im Verlauf der Vegetationsperiode zeigt bei beiden Varianten weitgehende Übereinstimmung. Die Phase des eigentlichen Produktwachstums, gekennzeichnet durch hohe Produktzuwachsrate pro Tag, beginnt nach dem 48. und dauert bis zum 86. Wachstumstag. Danach endet sowohl bei Variante 1 als auch bei Variante 2 die Syntheseleistung des Systems für Produkte im Stroh.

Aus den Differentialquotienten des Produktwachstums wurden die Bildungsgeschwindigkeiten für Produkte im Lauf der Vegetation errechnet, um den Zeitpunkt der Stoffwechselumsteuerung im Sinne vorherrschenden Produktwachstums bestimmen zu können. Bei beiden Varianten liegt die Bildungsgeschwindigkeit für Produkte vom 1. bis zum 48. Wachstumstag unter der Bildungsgeschwindigkeit für das System. Zwischen dem 48. und dem 58. Wachstumstag wird die Bildungsgeschwindigkeit für Produkte größer als die Bildungsgeschwindigkeit für System. Es kommt dadurch zu einer Einschränkung der Reduplikations-tätigkeit des Systems und durch gleichzeitige Stoffwechselüberschüsse zur Ansammlung von Produkten und zur Verdünnung von System.

Eine Gegenüberstellung der durchschnittlichen Bildungsgeschwindigkeiten für System einerseits und für Produkte andererseits im Verlauf der Vegetation verdeutlicht

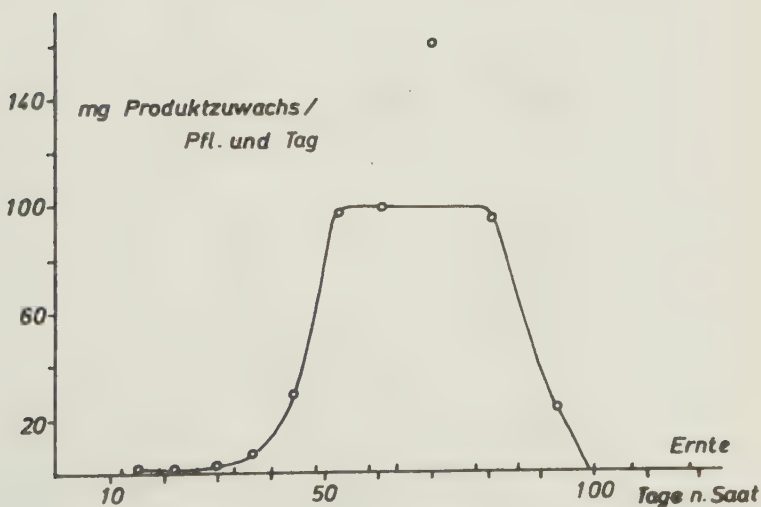
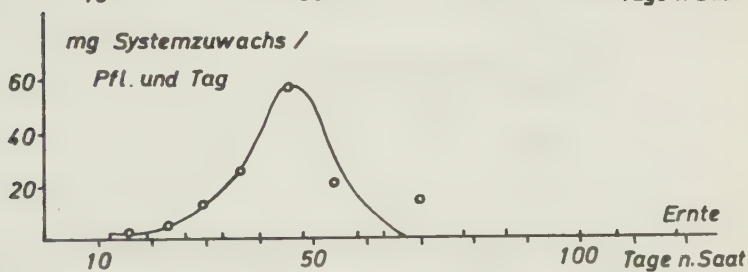
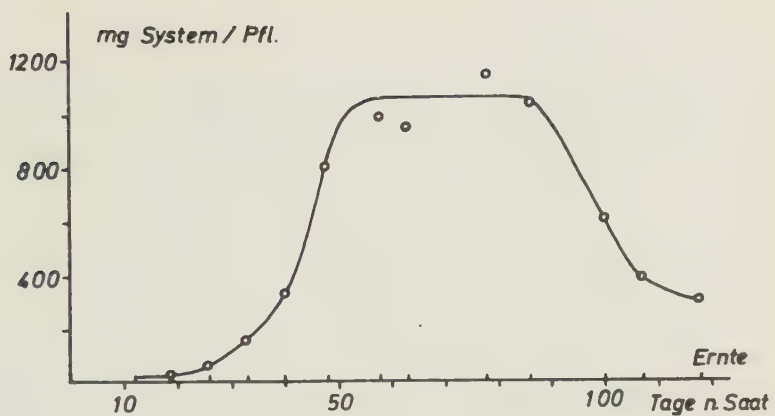


Abbildung 21: Systemgehalte je Pflanze, System- und Produktzuwachsrate je Pflanze und Tag bei Sommerweizen 1969, Variante 1

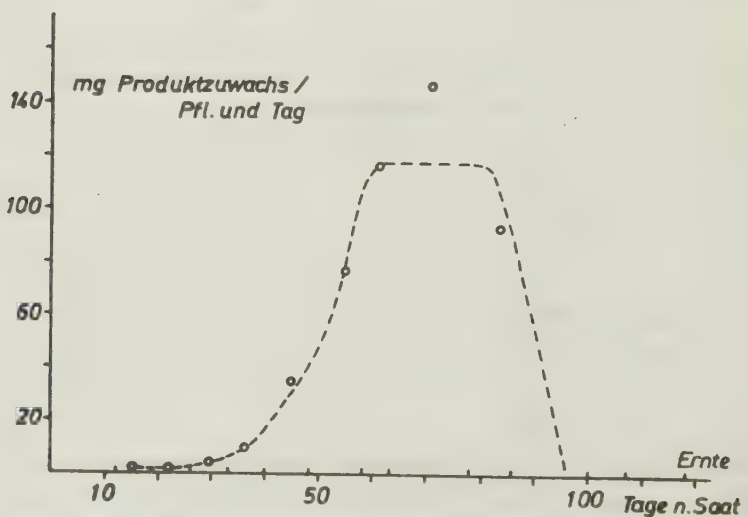
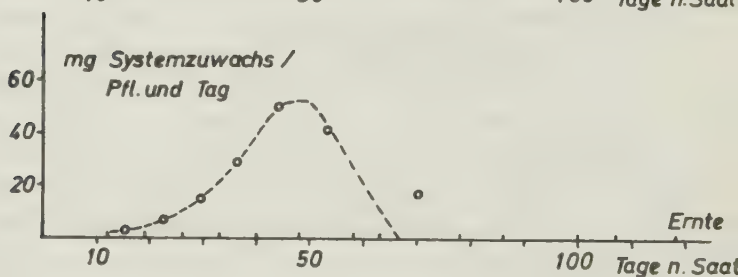
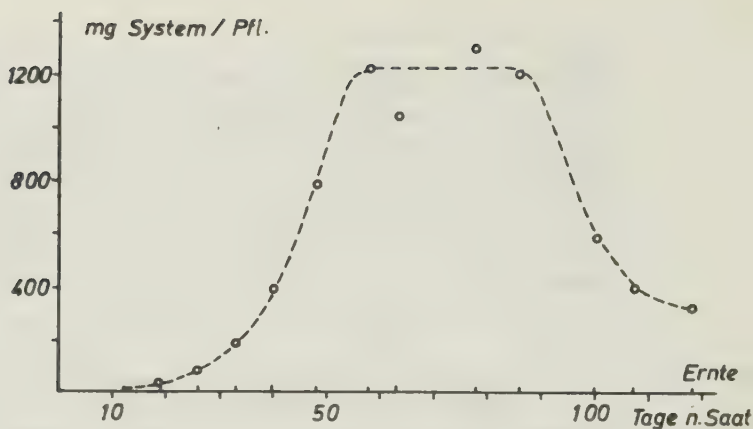


Abbildung 22: Systemgehalte je Pflanze, System- und Produktzuwachsrate je Pflanze und Tag bei Sommerweizen 1969, Variante 2

die ähnliche zeitliche Entwicklung der Syntheseleistung der Pflanzen für System und für Produkt, die bei beiden Varianten zu beobachten ist.

		Ernte			
		I.-IV.	IV.-VII.	VII.-X.	X.-XIII.
B _{Sy}	Var 1	21,8	12,4	- 0,2	- 3,3
B _{Pr}		2,1	8,5	11,8	- 4,7
B _{Sy}	Var 2	22,9	11,7	- 0,7	- 3,1
B _{Pr}		1,0	8,6	10,4	- 2,5

Die Zahlen lassen erkennen, daß durch die Aufteilung von 1,8 g N in sieben Teilgaben bei einer Anfangsversorgung von 0,4 g N je Gefäß keine wesentliche Änderung im System- und im Produktwachstum gegenüber einer Anfangsgabe von 1,8 g N je Gefäß, einer zu Beginn des Schossens erfolgten Nährstoffauswaschung und der in vier Portionen vorgenommenen Wiederzugabe des Auswaschwassers zu beobachten ist.

Ein Vergleich mit den Ergebnissen des Jahres 1968 ist nicht möglich, da eventuell vorhandene Wirkungen der gestaffelten N-Gaben auf das Systemwachstum durch die Wirkungen der veränderten Vegetationstemperatur verdeckt werden. Wie der später dargestellte Vegetationsversuch in Rauisch-Holzhausen 1969 zeigt, wird die Periode des Systemwachstums durch erhöhte Vegetationstemperaturen nicht in dem gleichen Maß wie die Gesamtvegetationszeit verkürzt, so daß die Ergebnisse beider Jahre auch nicht verglichen werden können, wenn man die relative Länge

der einzelnen Wachstumsperioden im Verhältnis zur Gesamtvegetationszeit bestimmt und einander gegenüberstellt.

Bei Variante 3 ist aufgrund der Nährstoffauswaschung offensichtlich schon 48 Tage nach der Saat die Grenzrelation von System zu Produkt erreicht, bei der ein Wachstumsstillstand des Systems zu beobachten ist. Die Periode der konstanten Systemmengen je Pflanze beginnt also 10 Tage früher als bei Variante 2. Sie endet am 86. Wachstumstag mit einsetzendem Systemabbau im Stroh.

Auch der Zeitpunkt des maximalen Systemzuwachses pro Pflanze und Tag liegt etwa 10 Tage früher als bei Variante 2, und erste negative Zuwachsraten sind bereits zwischen dem 58. und dem 63. Wachstumstag zu beobachten.

Die Bildungsgeschwindigkeiten für System liegen in der Zeit nach der Nährstoffauswaschung deutlich unter denen für Variante 2 errechneten Werten, da die Reduplikations-tätigkeit des lebenden Systems durch das verminderte Bausteinangebot eingeschränkt wird. So führt die Nährstoffauswaschung beispielsweise durch entstandenen N-Mangel zu einem frühzeitigen Fehlen von zum Systemwachstum erforderlichen, N-haltigen Teilstücken, während andere aus dem Kohlenhydratstoffwechsel stammende Teilstücke im Überschuß angeboten werden. Daraus resultiert eine zeitliche Vorverlegung der Stoffwechselumsteuerung im Sinne einer verstärkt einsetzenden Produktproduktion.

Bei Variante 3 übertrifft die Bildungsgeschwindigkeit für Produkte deshalb schon zwischen dem 40. und dem 48. Wachstumstag die Bildungsgeschwindigkeit für das System. Dadurch wird der Aufbau der Produktionskapazität der Pflanze, repräsentiert durch ihren absoluten Reineiweißgehalt, zunächst eingeschränkt und dann ganz

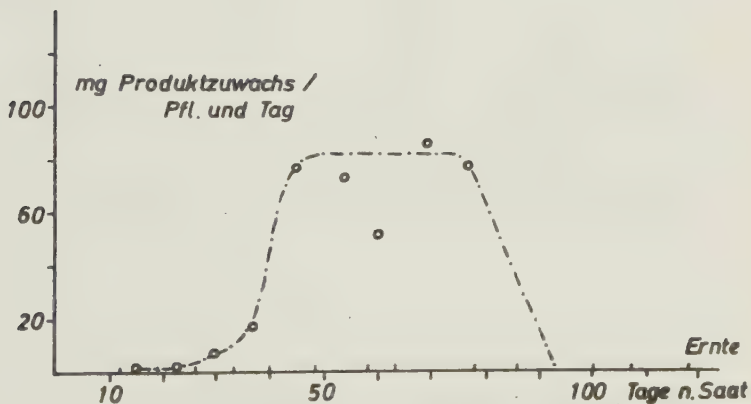
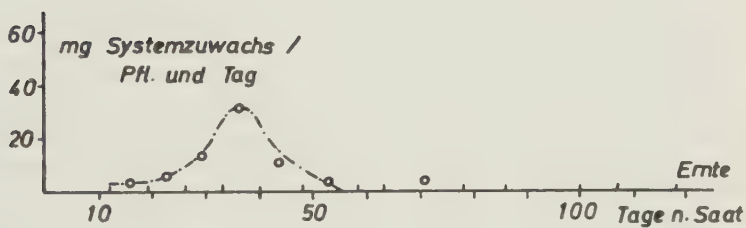
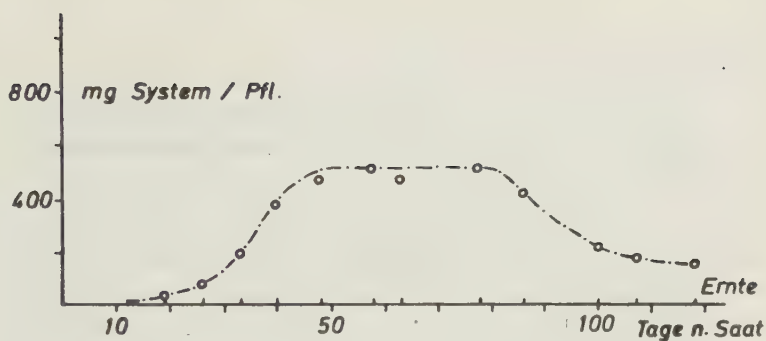


Abbildung 23: Systemgehalte je Pflanze, System- und Produktzuwachsrate je Pflanze und Tag bei Sommerweizen 1969, Variante 3

eingestellt. Die geringere Leistungsfähigkeit des Stoffwechsels ist dann, abgesehen von dem verminderten Angebot an Baumaterialien zur Substanzproduktion, die Ursache für den niedrigen Erndtertrag.

Die höchste Produktsyntheseleistung liegt bei Variante 3, ähnlich wie bei der N-Mangelvariante des Jahres 1968, verursacht durch die Nährstoffmangelsituation und die daraus resultierende bessere Ausnutzung der Nährstoffe, höher als die maximalen Werte der Varianten 1 und 2.

Die Vegetationsversuche der Versuchsjahre 1968 und 1969 zeigen, daß eine Stickstoffgabe von 1,8 g N je Gefäß bei den gegebenen Versuchsbedingungen offensichtlich noch nicht zu Überschüssen an N-haltigen Stoffwechselprodukten zu Beginn der Vegetation führt. Es wäre deshalb von Interesse zu prüfen, ob es möglich ist, daß durch höchste N-Gaben tatsächlich N-haltige Substanzen als Folge von Stoffwechselüberschüssen in der Zelle in solcher Menge auftreten, daß sie systemschädigende Konzentrationen erreichen. Außerdem wäre zu prüfen, ob eine zeitliche Staffelung der N-Gaben in diesem Fall, der in der vorliegenden Arbeit experimentell nicht nachgewiesen wurde, das Auftreten solcher systemschädigender Konzentrationen an N-haltigen Substanzen, die zu einer frühzeitigen Stoffwechselumsteuerung im Sinne eines vorherrschenden Produktwachstums führen könnten, verhindern und damit die Phase des Systemwachstums verlängern könnte.

II. Einfluß variiertter Temperaturen auf den Eiweißhaushalt des Sommerweizens

A. Theoretische Grundlagen

1. Das Zusammenwirken exogener und endogener Faktoren bei der Ertragsbildung der Pflanze

Veränderte Außenbedingungen rufen im Wachstum der Pflanze zahlreiche Modifizierungen hervor, bei denen jedoch die genetische Konstitution, d. h. die Gesamtheit des informationstragenden Systems unverändert bleibt. Die genetische Konstitution, von KLEBS einst als "spezifische Struktur" bezeichnet, ist eine Konstante, die jedem Lebewesen von der vorhergehenden Generation mitgegeben wird. Ihre Konstanz wird durch die chemischen Eigenschaften der sie aufbauenden Nukleinsäuren gewährleistet.

Der spezifischen Struktur des informationstragenden Systems als unveränderlichen Größe stehen die inneren und äußeren Bedingungen als zwei variable Faktoren gegenüber. Unter dem Begriff der inneren Bedingungen seien hierbei das gesamte stoffwechselnde System und die an ihm ablaufenden Lebensvorgänge zusammengefaßt. Der Umfang, die Art und die Richtung dieser Prozesse, die in Form von chemischen Reaktionen in einer lebenden Zelle ablaufen, stehen in kausalem Zusammenhang mit den äußeren Bedingungen, das sind die verschiedenartigsten Einflüsse der Umwelt. Die Außenfaktoren greifen also in die inneren Faktoren der Pflanze ein und können somit den Ablauf der Lebensvorgänge beeinflussen.

Dabei ist zu berücksichtigen, daß jede Reaktion auf Umwelteinflüsse innerhalb des Rahmens erfolgt, der durch die im genetischen Apparat gespeicherten Informationen festgelegt ist. Das informationstragende System ermöglicht somit der Pflanze die Ausbildung ihrer phänologisch-physiologischen Merkmale innerhalb einer von ihm gesetzten Variationsbreite.

Das Ergebnis der Wechselwirkung von Genotyp und Umwelt besteht in der Manifestierung eines bestimmten Phänotypus. Das äußere Erscheinungsbild und die inneren Bedingungen der Pflanze zu einem bestimmten Zeitpunkt sind somit das Ergebnis des Wechselspiels von informationstragendem und stoffwechselndem System und Umwelt zu einem bestimmten Entwicklungsstand.

Vor über fünfzig Jahren wurden diese Tatsachen bereits von KLEBS folgendermaßen formuliert: "Die Variationen (in der Entwicklung) werden durch die Außenwelt hervorgerufen, indem diese mittels der Wirkung auf die inneren Bedingungen die in der spezifischen Struktur schlummern-den Potenzen verwirklicht."

Es ist uns demnach möglich, die Wachstums- und Lebensvorgänge in der Pflanze durch die Wahl verschiedener Umweltsbedingungen zu beeinflussen. Während der erste Teil dieser Arbeit der Wirkung einer variierten Stickstoffdüngung auf das lebende System gewidmet war, soll es nun die Aufgabe des zweiten Teiles sein, sich mit den Einflüssen, die die Temperatur auf den Wachstumsverlauf der Pflanze ausübt, auseinanderzusetzen.

2. Temperatur als physikalische Zustandsgröße

Nach den Grundsätzen der Physik ist die Temperatur ein Zustand von Materie, der durch den Gehalt an kinetischer Energie der sie aufbauenden Atome und Moleküle beschrieben werden kann. Wärme ist demnach Ausdruck des Energiegehaltes der Materie. Jedes Molekül ist zur Aufnahme von Wärmeenergie befähigt, die auf Translationsenergie, das ist die Energie der fortschreitenden Bewegung, Rotationsenergie, das ist die Energie der Drehbewegung und Schwingungsenergie, das ist die Energie der Bewegung der Atome innerhalb des Molekülverbandes gegeneinander, verteilt wird.

Man bezeichnet die eben aufgezählten Bewegungsmöglich-

keiten als die "Freiheitsgrade" der Molekel. Nach dem Äquipartitionstheorem verteilt sich die Wärmeenergie gleichmäßig auf diese.

Setzt man Moleküle verschiedenster Art hohen Temperaturen aus, so bedeutet dies demnach eine starke Zunahme ihrer kinetischen Energie. Da die aufgenommene Energie auf alle möglichen Freiheitsgrade der Molekel verteilt wird, erfolgt dabei sowohl eine Verstärkung ihrer translatorischen Bewegung als auch ihrer Rotation als auch ihrer Valenz- und Deformationsschwingung.

Eine weitere Energiezufuhr führt schließlich dazu, daß sich die Amplitude der Schwingungen der Atome des Molekülverbandes gegeneinander so vergrößert, daß ein bindingsloser Zustand eintritt, das Molekül gesprengt wird und die Materie nur noch aus freien Atomen besteht. Senkt man die Temperatur wieder, so findet eine Rekombination der Atome zu Molekülen statt. Diese sind um so stabiler, je tiefer die Temperatur ist.

Wie an anderer Stelle dieser Arbeit bereits berichtet wurde, spielen sich die Lebensvorgänge in molekularen Dimensionen an Strukturen molekularer Größenordnung ab. Das bedeutet, daß das lebende System als Bauwerk einzelner Moleküle ein mikrophysikalisches ist, und somit durch die Temperatur maßgeblich beeinflußt werden muß.

3. Abhängigkeit der Existenzfähigkeit der Makromoleküle von der Temperatur

Die Bausteine der lebendigen Substanz sind Makromoleküle von der Art der Nukleinsäuren und der Proteine. Diese durch die Speicherung von Energie ausgezeichneten und daher energetisch unbegünstigten Makromoleküle befinden sich in einem metastabilen Zustand, der nur so lange aufrechterhalten werden kann, solange die ungestörte Funktion des lebenden Systems gewährleistet ist. Kommt es durch Störungen irgendwelcher Art zum Ausfall und zur

Veränderung der Funktionen, so zieht dies einen Zusammenbruch des Systems gemäß des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik nach sich.

Eine Temperaturerhöhung bedeutet auch bei Makromolekülen eine Zunahme der Molekularenergie. Dazu muß erwähnt werden, daß bei Makromolekülen die Möglichkeit besteht, die aufgenommene Energie innerhalb des Moleküls zu verteilen oder an bestimmten Stellen zu kumulieren. Nimmt man an, daß ein Makromolekül etwa eine Million Bindungen in sich beherbergt und daß die pro Bindung aufgenommene Energie in einer einzigen Bindung kumuliert werden kann, so kann man ermessen, daß es an dieser Stelle des Moleküls schon bei der geringsten Energiezufuhr infolge einer Temperaturerhöhung zu einer Sprengung der Molekel kommen kann.

Demnach müßten Makromoleküle schon bei nur wenig über den absoluten Nullpunkt gesteigerten Temperaturen kaum mehr existenzfähig sein. Die Erfahrung lehrt jedoch, daß die die lebende Substanz aufbauenden Moleküle in einem Temperaturbereich von ungefähr $273 - 343^{\circ}$ Kelvin eine erstaunliche Stabilität besitzen. Die Ursache für dieses Verhalten ist in der gequantelten Natur der Energie zu suchen. Dies besagt, daß jede Form von Energie nicht kontinuierlich, sondern in Form kleiner Portionen auftritt.

Die uns in diesem Zusammenhang interessierenden Quanten der Valenz- und Deformationsschwingungen haben eine Energie von rund 5000 cal/Mol . Der oben erwähnte Temperaturbereich von $273 - 343^{\circ}$ Kelvin reicht also gerade zur Lieferung einiger weniger Schwingungsquanten aus, und die damit erzielte Amplitude der Valenzschwingung kann nicht zu einer Molekülsprengung führen, bei der die Schwingungsenergie größer als die Bindungsenergie sein muß. Eine weitere Energiezufuhr über diesen Temperaturbereich hinaus und damit die Aufnahme weniger weiterer Schwingungsquanten führt jedoch hart an die Stabilitätsgrenze der Ma-

kromoleküle.

Wir können also folgern, daß die Makromoleküle als Bausteine lebender Systeme durch die Temperatur maßgeblich beeinflußt werden und daß das Leben als Vorgang an einem mikrophysikalischen System nur innerhalb des Temperaturbereiches möglich ist, in dem die Makromoleküle eine gewisse Stabilität besitzen.

4. Versuch einer Deutung des Einflusses der Temperatur auf das Wachstum

Wir wissen aber, daß die Existenz der Makromoleküle alleine nicht genügt, um die Funktion des lebenden Systems zu gewährleisten. Erst die besondere Struktur der Materie, aus der die Lebewesen bestehen, befähigt sie zum Vollzug all der Vorgänge, die wir als Leben bezeichnen. Die Entstehung dieser Strukturen beruht größtenteils auf dem Wirksamwerden intermolekularer Kräfte zwischen den Makromolekülen. Dadurch entstehen Hyperstrukturen von bestimmtem räumlichen Ordnungszustand, die die charakteristischen Eigenschaften des Lebens aufzuweisen in der Lage sind. Die beim Entstehen dieser Hyperstrukturen auftretenden Bindungsenergien sind wesentlich kleiner als die der Hauptvalenzen. Daher ist es verständlich, daß aufgenommene Wärmeenergie und erhöhte Temperaturstöße auch bei den Nebenvalenzen schnell an die Stabilitätsgrenze und damit zu einer Gefährdung der Hyperstrukturen führen müssen.

Die Zerstörung der charakteristischen Strukturen lebender Systeme durch hohe Temperaturen bedeutet somit den Übergang von einem metastabilen, energetisch nicht begünstigten Ordnungszustand in ein energetisch wahrscheinliches und damit stabiles Endgleichgewicht.

Darüberhinaus muß erwähnt werden, daß der Stoffwechsel als Grundlage jedes biologischen Wachstums einem Einfluß der Temperatur unterworfen ist, da er in Form von

chemischen Reaktionen an den lebentragenden Zellstrukturen abläuft und da das Ingangkommen und die Geschwindigkeit dieser Umwandlungen temperaturabhängig ist (ZUBER, 1969).

Innerhalb des Temperaturbereiches, in dem Leben möglich ist, muß es also ein Temperaturoptimum des Wachstums eines Organismus geben, das man als denjenigen Punkt bezeichnen könnte, an dem die Geschwindigkeiten der verschiedenen in den Zellen ablaufenden Vorgänge am besten miteinander harmonisieren. Schädigungen bedeuten möglicherweise eine unerträgliche Verschiebung der einzelnen, sonst ineinandergreifenden Prozesse.

Die bisher dargelegten, rein theoretischen Überlegungen finden wir in der Praxis bestätigt. Schon im Jahre 1860 veröffentlichte Sachs erste Ergebnisse seiner Studien über die Abhängigkeit der Wachstumsintensität von der Temperatur. Es fehlte ihm zwar noch an empfindlichen Meßgeräten, und er war auch kaum in der Lage, die übrigen Umwelteinflüsse konstant zu halten, aber seine Ergebnisse waren denen, die heute mit weit genauerer Versuchsmethodik angestellt werden, sehr ähnlich.

Er fand für die Abhängigkeit der Wachstumsgeschwindigkeit von der Temperatur für verschiedene Pflanzen Optimumskurven mit drei Kardinalpunkten.

Die Temperatur, unterhalb derer kein Wachstum feststellbar ist, bezeichnete er als die Minimaltemperatur. Diese untere Begrenzung des Pflanzenwachstums ist uns verständlich, weil alle Stoffwechselreaktionen lebender Zellen in einem wässrigen Milieu ablaufen, so daß Temperaturen um oder wenig unter dem Gefrierpunkt notwendigerweise zunächst durch eine starke Abnahme der Reaktionsgeschwindigkeit biochemischer Umsetzungen und später durch das Erstarren des Zellwassers zu Eis zu ihrem Erliegen führen müssen (ZUBER, 1969).

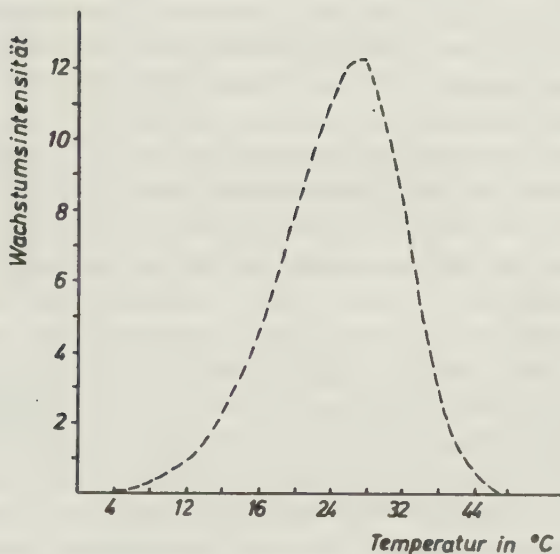


Abbildung 24: Das Wachstum von Maiskeimlingen bei verschiedenen Temperaturen nach LEHENBAUER

Neben dieser Verlangsamung des Stoffwechsels kann man bei Pflanzen, die niedrigen Temperaturen ausgesetzt wurden, Schädigungen oder gar den Tod feststellen. Die Ursachen hierfür sind in den mechanischen Verletzungen der Zelle durch die sich bildenden Eiskristalle einerseits und in der Denaturierung der Plasmaeiweiße durch das Ausfrieren des Wassers und dem damit verbundenen Wasserentzug andererseits zu suchen.

Es hat sich jedoch herausgestellt, daß Enzyme als Träger des Stoffwechsels nicht alle gleichmäßig durch Gefrieren

(bis - 25° C) oder starke Austrocknung geschädigt werden (HEBER und SARTORIUS, 1964). Die meisten Enzyme sind offensichtlich gegenüber einer Entwässerung resistent. Eine Ausnahme bilden lediglich die Enzymsysteme der photosynthetischen und der oxidativen Phosphorylierung, die zur Lieferung von ATP und damit zur Aufrechterhaltung der lebentragenden Zellstrukturen befähigt sind. Fallen diese Enzyme durch irreversible Schäden aus, so kann keine Energie nachgeliefert werden und es kommt zu einem Zusammenbruch der lebentragenden Zellstrukturen im Sinne des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik.

Die Lage der Minimaltemperatur ist wie die der übrigen Kardinalpunkte artspezifisch. Die Ursache für diese Erscheinung ist vielleicht darin zu suchen, daß das informationstragende System der Pflanzen artspezifische Inhalte speichert, die zu Stoffwechselunterschieden führen, die dann wiederum die ihnen eigentümlichen Reaktionen auf die Umwelteinflüsse hervorrufen.

Viele Pflanzen sind so beispielsweise in der Lage, im Winter Temperaturen weit unter dem Gefrierpunkt ohne Schädigung zu überstehen. Diese Frostresistenz ist in der unterschiedlichen Bereitstellung von bestimmten Schutzstoffen durch den Stoffwechsel begründet. Bei frostresistenten Pflanzen findet man eine Anreicherung dieser Schutzstoffe vor allem an den Orten des lebenden Systems, wo empfindliche Strukturen geschützt werden müssen.

Verbindungen mit schützender Wirkung sind vor allem die Zucker; es wird angenommen, daß sie die schädigende Wirkung des Frostes aufheben können, indem sie mittels Wasserstoffbrückenbindungen gebundenes und beim Gefrieren entzogenes Wasser ersetzen oder indem sie aufgrund ihrer chemischen Struktur in der Lage sind, Wasser festzuhalten.

Ein weiterer Kardinalpunkt der Kurve, die die Abhängig-

keit von Temperatur und Wachstum zeigt, ist die Optimaltemperatur, die den Punkt stärksten Wachstums bezeichnet. Auch die Optimaltemperatur ist artspezifisch und könnte als der Punkt bezeichnet werden, an dem die vielfältigen für das Wachstum notwendigen Stoffwechselreaktionen in Art, Umfang, Richtung und Geschwindigkeit in größtmöglicher Harmonie ineinandergreifen.

Die obere Grenze des Wachstums der höheren Pflanze bezeichnet man als die Maximaltemperatur. Sie ist uns nach den Überlegungen über die Stabilität der Makromoleküle in Abhängigkeit von der Temperatur verständlich. Auch die Lage der Maximaltemperatur ist bei den einzelnen Pflanzen unterschiedlich.

Man nimmt an, daß eine gewisse Hitzeresistenz durch eine besondere Struktur der Enzyme eines Organismus verursacht wird. So isolierte man beispielsweise thermostabile Enzyme, die sich durch eine erhöhte Anzahl nicht kovalenter Bindungen auszeichneten. Dadurch entstehen stärker fixierte, thermostabilere Strukturen, die aber wegen ihrer geringen Flexibilität bei niedrigen Temperaturen weniger aktiv sind als Enzymstrukturen mit weniger nicht-kovalenten Bindungen (ZUBER, 1969).

Ursachen für Hitzeschäden durch hohe Temperaturen sind vor allem Verschiebungen der Geschwindigkeiten biochemischer Umsetzungen (LANGRIDGE, 1963). Neben verminderter Verfügbarkeit von Gasen und Gleichgewichtslageänderungen chemischer Reaktionen findet man vor allem Ausfälle einzelner Enzyme in Reaktionsketten, so daß es zur Anhäufung toxischer Produkte kommt.

Außerdem wird angenommen, daß die komplizierten Membransysteme der höheren Pflanze durch eine Temperaturerhöhung zerstört werden, da auch ihre Ausbildung durch das Wirksamwerden zwischenmolekularer Kräfte zustandekommt (BROCK, 1967).

Das Wachstum als Grundlage der organismischen Produktion ist also eine Funktion der Temperatur. Wir wissen heute, daß das Gesamtwachstum der Pflanze das Ergebnis verschiedenartigster nebeneinanderlaufender biologischer Prozesse ist und daß dies sich uns darbietende Phänomen begrifflich in mehrere Teilvorgänge geschieden werden kann (LINSER, 1964).

Teilvorgänge des Wachstums:

1. Streckungswachstum (vornehmlich H_2O - Aufnahme)
2. Produktwachstum (Ansammlung von Reservestoffen)
3. Teilungswachstum (Erhöhung der Zellzahl)
4. Systemwachstum (Vermehrung der lebenden Substanz)

Die höhere Pflanze besteht nun aus einer Vielzahl von Organen, die kein gleichmäßiges Wachstum zeigen, so daß sie zu bestimmten Zeitpunkten neben lebenden Teilen auch bereits absterbende oder tote umfaßt. Die Gesamtwachstums-kurve ist somit eine Summenkurve, zusammengesetzt aus individuellen Kurvenverläufen, welche sich wiederum aus den in diesen Organen ablaufenden Teilvorgängen des Wachstums ergeben.

Wenn das Wachstum ein aus mehreren Teilprozessen zusammengesetzter Vorgang ist, so muß auch die Reaktion des Wachstums auf Temperaturänderungen ein aus mehreren Teilreaktionen zusammengesetzter Gesamtprozeß sein. Von besonderem Interesse sind hierbei die Auswirkungen unterschiedlicher Temperaturen auf das System- und das Produktwachstum. Wenn diese beiden Teilvorgänge in unterschiedlicher Weise von der Temperatur beeinflußt werden, so muß sich dies in einer Veränderung des Verhältnisses von System zu Produkt zu einem bestimmten Zeitpunkt des Wachstums äußern.

Wir wissen, daß zur Aufrechterhaltung der energetisch unwahrscheinlichen Strukturen lebender Systeme eine dauernde Zufuhr von Energie benötigt wird. Zu diesem Zweck

werden Kohlenhydrate herangezogen, die durch ihre Oxidation dem Stoffwechsel Energie zur Verfügung stellen. Wenn die Pflanze also Wachstum, das wir als Zunahme ihrer Trockensubstanz bezeichnen wollen, zeigen soll, so muß dem dauernden Abbau durch Veratmung eine mengenmäßig größere Materialproduktion gegenüberstehen. Im Fall der autotrophen Pflanze geschieht dies durch die Assimilation.

Für eine wachsende Pflanze gilt also:

$$\text{Bruttoassimilation} > \text{Dissimilation}$$

Die Differenz beider Größen bezeichnen wir als Nettoassimilation.

Assimilation und Dissimilation sind temperaturabhängige Stoffwechselvorgänge. Während sich für die Wechselwirkung von Assimilation und Temperatur eine artspezifische Optimumskurve ergibt, folgt die Atmung innerhalb bestimmter Temperaturgrenzen dem van t' Hoff'schen Gesetz.

Die Größe der Nettoassimilation, die in engem Zusammenhang mit dem Gesamtwachstum der Pflanze steht, wird somit durch die Temperatur neben zahlreichen anderen Faktoren wie beispielsweise Licht und CO_2 -Angebot bestimmt.

Es soll nun die Aufgabe des weiteren experimentellen Teiles dieser Arbeit sein, darzulegen, wie System- und Produktwachstum der Pflanze durch die Temperatur beeinflusst werden.

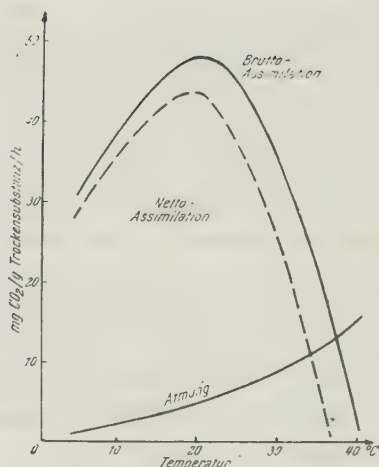


Abbildung 25: Die Abhängigkeit der Nettoassimilationsleistung (bei 50 000 Lux) 5 bis 6 Wochen alter Kartoffelblätter von der Temperatur. Bei 36° C beginnt die Atmung die Bruttoassimilation zu übersteigen, die Nettoassimilation erreicht Null und nimmt einen negativen Wert an. Statt Wachstum erfolgt eine Abnahme von Trockensubstanz. (Nach Zahlen von WINKLER, 1960)

B. Experimenteller Teil

1. Vegetation 1969 in Rauisch - Holzhausen

a. Wachstumsbeobachtungen und Frischgewichte

Zu diesem Zweck wurde ein Vegetationsversuch in einem klimatisierten Gewächshaus der Versuchsfelder des Institutes für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Justus Liebig - Universität Gießen in Rauisch - Holzhausen durchgeführt. In den klimatisierten Gewächshäusern ist es möglich, den Einfluß der Temperatur auf das Wachstum der Pflanze unter weitgehender Konstanthaltung der übr-

gen Umweltfaktoren zu prüfen. Die Versuchsanlage sei stichwortartig dargestellt.

Versuchspflanze: Sommerweizen Heines Koga II
Aussaatmenge: 40 Körner je Gefäß
Versuchsumfang: 2 X 10 = 20 kleine Mitscherlichgefäße von 6,5 l Volumen
Versuchsboden: Ein Gemisch von 4,7 kg Boden und 2 kg Sand, dem unter Zugabe von 700 ml destilliertem Wasser der Dünger beigemischt wurde.
Düngeplan: Alle Gefäße erhielten eine gleichmäßige Düngung von :
1,5 g P_2O_5 = 10 g Rhekaphos
2,5 g K_2O
1,8 g N = 8,182 g Kalkammonsalpeter
3g $CaCO_3$
0,5 g $MgCO_3$

Temperaturbedingungen:

1. Kalte Kammer:

Vom 1.-77. Tag nach der Saat:	Nachttemperatur	7° C
	Tagestemperatur	12° C
Vom 77.Tag nach der Saat bis	Nachttemperatur	12° C
zum Versuchsende:	Tagestemperatur	17° C

2. Warme Kammer:

Vom 1.-77. Tag nach der Saat:	Nachttemperatur	12° C
	Tagestemperatur	17° C
Vom 77.Tag nach der Saat bis	Nachttemperatur	17° C
zum Versuchsende:	Tagestemperatur	22° C

Aussaattermin: 2.4.1969

Ernteplan: Im Verlauf der Vegetation wurden die oberirdischen Pflanzenteile in Zeitabschnitten von 7 - 14 Tagen

geerntet. Wachstumsbeobachtungen,
Pflanzenhöhe, Frischgewichte und
Trockengewichte wurden festgehalten.

E r n t e p l a n

Ernte	Datum	Tage n. Saat	Anzahl der Pflan- zen pro Ernte
I.	15.4.69	13	90
II.	22.4.69	20	50
III.	29.4.69	27	40
IV.	6.5.69	34	30
V.	13.5.69	41	2 Gef.zu je 18
VI.	27.5.69	55	2 Gef.zu je 18
VII.	6.6.69	65	2 Gef.zu je 18
VIII.	18.6.69	77	2 Gef.zu je 18
IX.	26.6.69	85	2 Gef.zu je 18
X.	7.7.69	96	2 Gef.zu je 18
XI.	17.7.69	106	2 Gef.zu je 18
XII.	28.7.69	117	2 Gef.zu je 18
XIII.	12.8.69	132	2 Gef.zu je 18
XIV.	8.10.69	189	1 Gef. zu 18

Wachstumsbeobachtungen und Frischgewichte des Sommerweizens 1969 in Rauisch-Holzhausen, kalte Kammer

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.
I.	Keimblatt entwickelt.1.Blatt angelegt.Pfl.hoch und schmalblättrig	0,13
II.	2.Blatt vereinzelt angelegt	0,25
III.	2.Blatt voll entwickelt	0,45
IV.	3.Blatt entwickelt sich.Vereinzelt tritt Bestockung auf	0,85
V.	4.Blatt angelegt.Alle Pfl.bestockt. Schoßbeginn.Pfl.werden etwas kräftiger,Blätter etwas breiter	1,58
VI.	5.Blatt entwickelt sich.Pfl.habitus etwas dünner als normal.1-2 Nebenhalm pro Pfl.	4,30
VII.	6.Blatt entwickelt sich.Pfl.dunkelgrün	6,88
VIII.	7.Blatt wird angelegt.Pfl.dunkelgrün.Halme kräftig und standfest	10,76
IX.	7.Blatt voll entwickelt.Ähre wird sichtbar.Spitzen des 1.und 2.Blattes sterben ab	14,01
X.	Pfl.noch dunkelgrün.1.Blatt ist abgestorben	19,81
XI.	Weizen blüht.Spitzen des 3.Blattes sterben ab.2 ährentragende Halme je Pfl.	20,33
XII.	3.Blatt ist abgestorben	20,49
XIII.	4.Blatt völlig abgestorben.Alle Blattspitzen werden gelb	21,19
XIV.	Vollreife	13,62

Wachstumsbeobachtungen und Frischgewichte des Sommerweizens 1969 in Rauisch-Holzhausen, warme Kammer

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.
I.	Keimblatt und 1.Blatt voll entwickelt.Hohe schmalblättrige Pfl.	0,19
II.	2.Blatt voll entwickelt	0,46
III.	3.Blatt gut entwickelt.Pfl.schlaff	1,04
IV.	4.Blatt entwickelt sich.Sehr vereinzelt setzt die Bestockung ein	1,96
V.	5.Blatt entwickelt sich.Keine weitere Bestockung.Pfl.biegsam und zäh	3,51
VI.	6.Blatt entwickelt sich.1 Nebenhalm. Halme an den Knoten leicht abgeknickt	6,63
VII.	7.Blatt voll entwickelt.Starker Blattlausbefall.Pfl.bis zum 3.Blatt abgestorben	9,10
VIII.	Weizen blüht.4.Blatt beginnt abzustorben.Pfl.fallen ohne Gestell um	10,32
IX.	5.Blatt stirbt ab	11,18
X.	Weizen hat abgeblüht	10,51
XI.	6.Blatt stirbt ab.Milchreife	9,59
XII.	Pfl.fast völlig abgestorben.Ähren der Nebenhalmes noch grün	8,06
XIII.	Vollreife	5,05

Frischgewichte der Ähren und des Strohs des Sommerweizens 1969 in Rauisch-Holzhausen, kalte Kammer

Ernte	Ähren FS in g/Pfl.	Stroh FS in g/Pfl.
XII.	4,42	16,07
XIII.	6,81	14,38
XIV.	5,68	7,94

Frischgewichte der Ähren und des Strohs des Sommerweizens 1969 in Rauisch-Holzhausen, warne Kammer

Ernte	Ähren FS in g/Pfl.	Stroh FS in g/Pfl.
X.	3,04	7,47
XI.	3,34	6,25
XII.	2,68	5,38
XIII.	2,23	2,82

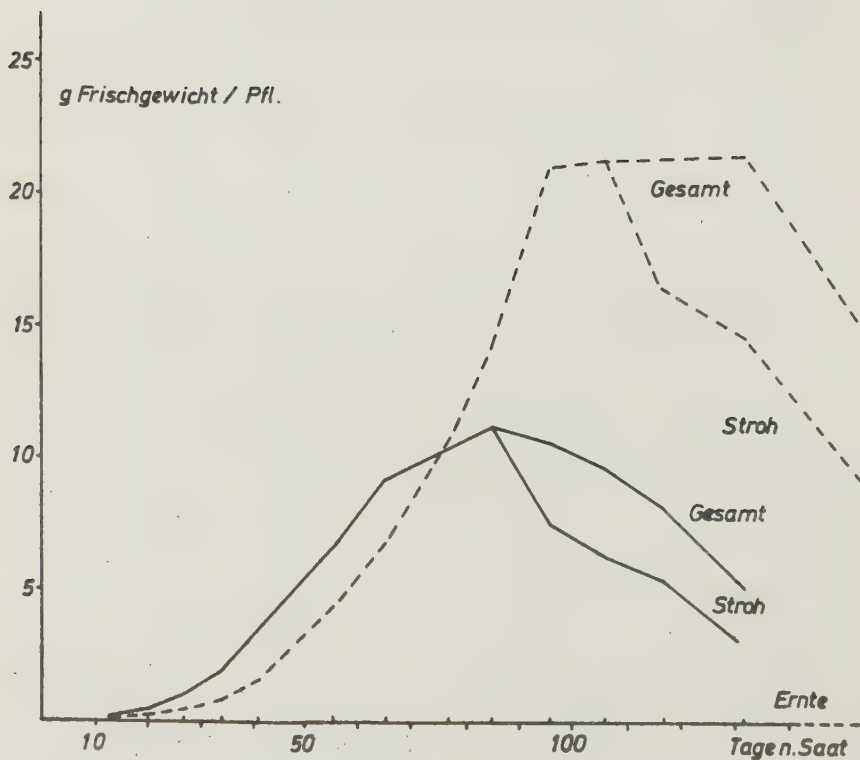


Abbildung 26: Frischgewichte des Sommerweizens 1969
 in Rauisch-Holzhausen
 bei den Pflanzen der warmen Kammer ———
 bei den Pflanzen der kalten Kammer - - -

Schon aus den ersten Ergebnissen des Vegetationsversuches konnte man schließen, daß er zur Beantwortung der Fragestellung geeignet war.

An anderer Stelle wurde bereits darauf hingewiesen, daß man das Wachstum einer Pflanze als eine Vermehrung ihrer körpereigenen Substanz bezeichnen könnte. Dabei handelt es sich immer um einen Summenvorgang, zusammengesetzt aus Aufbau (Assimilation) und Abbau (Dissimilation) von Pflanzensubstanz. Zur Beschreibung dieses Vorganges werden verschiedene Maßstäbe herangezogen wie beispielsweise Längen-, Gewichts- oder Volumenmaße. Wir wissen, daß diese Maßsysteme von unterschiedlicher Brauchbarkeit zur Darstellung eines so komplizierten Vorganges wie dem des Wachstums sind.

Dem Beobachter stellt sich Wachstum vor allem in einer Zunahme der Länge bzw. der Größe des untersuchten Objektes zu verschiedenen Zeitpunkten dar. Die Beschreibung von Wachstumsvorgängen durch die Größe ist jedoch nur mit bestimmten Vorbehalten anwendbar, da das Längenwachstum der Pflanze nicht allein durch Substanzproduktion, sondern häufig durch eine Aufnahme von Wasser erfolgt.

Darüberhinaus wäre eine Längenzunahme eines Organismus denkbar, die nur durch eine Umgruppierung einer vorhandenen konstantbleibenden Substanzmenge in die Länge auf Kosten der Dicke verursacht wird. Längenzunahme muß daher nicht mit einer Substanzzunahme einhergehen. Daß jedoch eine Substanzproduktion normalerweise ein Anwachsen der Länge nach sich zieht, ist ebenfalls verständlich, weil durch die Erstellung von Pflanzenmaterial eine Volumenzunahme verursacht wird, die wiederum eine Längenzunahme bedeutet.

Im vorliegenden Versuch zeigten sich für die Pflanzentlängen als Maßsystem des Wachstum in Abhängigkeit von der Temperatur bereits charakteristische Unterschiede.

Erhöhte Temperaturen verursachten ein Vorseilen der Gesamtwuchshöhe der Pflanzen. Der Punkt, an dem das Längenwachstum aufhört, liegt bei der hohen Temperatur zur Zeit der VIII. Ernte (77 Tage nach der Saat), bei der niedrigen Temperatur zur Zeit der IX. Ernte (85 Tage nach der Saat), also acht Tage später.

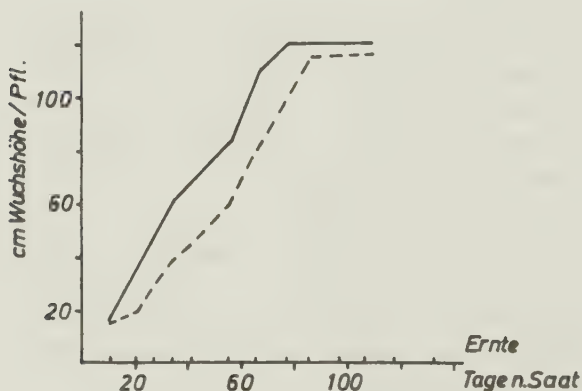


Abbildung 27: Die Abhängigkeit der Wuchshöhe von der Temperatur bei Sommerweizen 1969,
 warme Kammer —————
 kalte Kammer - - - -

Die Wachstumsgeschwindigkeit als Differentialkurve der Gesamtwuchshöhe der Pflanzen im Verlauf der Vegetation lag bei den Pflanzen der warmen Kammer bis zur VI. Ernte (55 Tage nach der Saat) über der der Pflanzen in der kalten Kammer. Von der VII. Ernte (65 Tage nach der Saat) bis zu dem Zeitpunkt, als keine Längenzunahme mehr feststellbar war, lagen die täglichen Zuwachsraten der Pflanzen der warmen Kammer niedriger als die der Pflanzen der kalten Kammer.

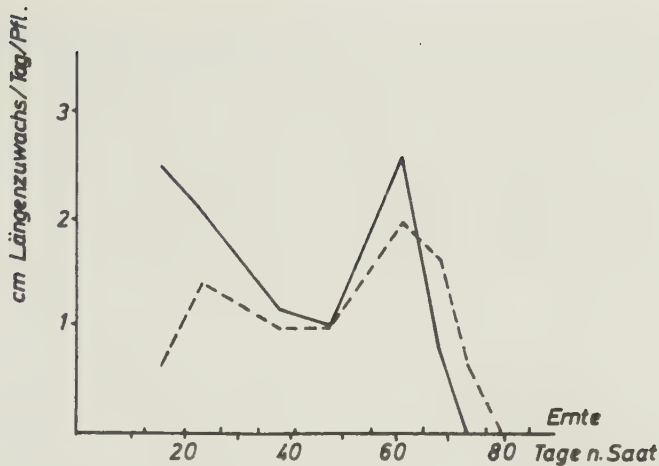


Abbildung 28: Die Abhängigkeit des Längenwachstums von der Temperatur bei Sommerweizen 1969,
 warme Kammer —————
 kalte Kammer - - - -

Die Wachstumsvorgänge pflanzlicher Organismen sind eng mit stetigen Änderungen ihrer äußeren Gestalt verbunden. So sehen wir, daß in bestimmter Reihenfolge die einzelnen Blätter einer Getreidepflanze gebildet werden, heranwachsen und altern. Beobachten wir eine Pflanze zu einem bestimmten Zeitpunkt, so trägt sie Blätter verschiedenen Alters. Während manche erst angelegt werden, sich demnach in der vegetativen Reduplikationsphase befinden, sind andere vollentwickelt. Sie befinden sich also in der Periode vorherrschenden Produktwachstums. Wieder andere haben bereits die Vitalitätsgrenze überschritten und sterben ab.

Die Zeitpunkte, zu denen sich die verschiedenen Organe in einem bestimmten Entwicklungszustand befinden, können uns demnach Auskunft über den Gesamtwachstumsverlauf

der Pflanze geben. Wenn die Blätter einer Pflanze länger grün bleiben, so ist es wahrscheinlich, daß sie noch stoffwechselaktiv und demnach zur Substanzproduktion und zum Wachstum befähigt sind, während eine andere Pflanze, deren Blätter zu demselben Zeitpunkt schon abgestorben sind, als physiologisch älter angesehen werden muß. Die entwicklungsphysiologische und die morphologische Zeitgestalt weisen also enge Korrelationen auf.

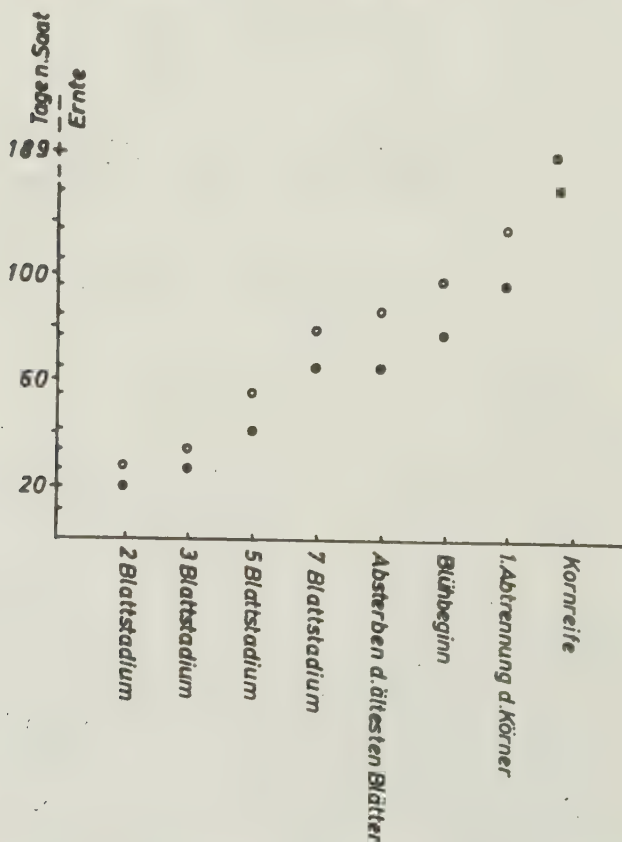


Abbildung 29: Der Einfluß der Temperatur auf die morphologische Zeitgestalt des Sommerweizens 1969, warme Kammer • , kalte Kammer ○

Die Beobachtung der Änderungen des äußeren Erscheinungsbildes der Pflanzen zeigt im vorliegenden Versuch, daß Wechselwirkungen zwischen Temperatur und morphologischer Zeitgestalt bestehen. Trägt man in einem Korrelationsdiagramm das Auftreten bestimmter äußerer Merkmale der Pflanze in Abhängigkeit von der Zeit auf, so wird deutlich, daß die Pflanzen der warmen Kammer praktisch zu jedem Zeitpunkt der Vegetation "älter" waren als die der kalten Kammer.

b. Trockenerträge

Das den Landwirt interessierende Wachstum ist nicht so sehr das Längen- oder Entwicklungswachstum sondern vor allem dasjenige, das sich in der Zunahme der Trockensubstanz der Pflanzen und damit in der Erstellung eines bestimmten Ertrages äußert.

Bei der Betrachtung der Substanzbildung der Versuchspflanzen im Verlauf der Vegetation in Abhängigkeit von der Temperatur fallen deutliche Unterschiede auf. Der erreichte Endertrag der Pflanzen, die bei der niedrigen Temperatur kultiviert wurden, liegt mit 8,82 g Gesamt-trockengewicht je Pflanze weit höher als der Endertrag von 4,08 g je Pflanze in der warmen Kammer.

Ähnliche Ergebnisse wurden auch von LIMBERG und ENAYAT (1960) erzielt, die bei Alexandrinerklee, der bei Außentemperaturen angebaut wurde, eine wesentlich höhere Ertragsleistung fanden als bei solchen Pflanzen, die während der gesamten Vegetation 3 - 4° C höheren Temperaturen unterworfen waren. Auch die Pflanzen ihrer Versuche zeigten typische Habitusänderungen unter der Wirkung verschiedener Temperaturen. Die bei hohen Temperaturen aufgewachsenen Pflanzen zeichneten sich durch ein ausgesprochen starkes Längenwachstum, hohe Wachstumsgeschwindigkeit, lange Internodien und geringe Bestockung aus, während die bei mäßigen Temperaturen ge-

zogenen Pflanzen im Wuchs gestauchter, stärker bestockt und in der Wachstumsgeschwindigkeit herabgesetzt waren.

Eine nähere Untersuchung der Substanzproduktion ist möglich, wenn wir die täglichen Trockenenertragszuwachsrate pro Pflanze miteinander vergleichen. Hierbei fällt auf, daß diese bis zur VI. Ernte (55 Tage nach der Saat) in der warmen Kammer über denen der kalten Kammer lagen. Von der VII. Ernte (65 Tage nach der Saat) an jedoch bis zur Reife überstiegen die Zuwachsraten der bei mäßigen Temperaturen aufgewachsenen Pflanzen die der warmen Kammer erheblich. Auf diese Weise kommen die hohen Unterschiede in den Enderträgen zustande.

Die erhöhte Ertragsleistung der Pflanzen der kalten Kammer wird außerdem dadurch verursacht, daß den Pflanzen infolge ihrer länger dauernden Vegetation mehr Zeit zur Substanzproduktion zur Verfügung steht.

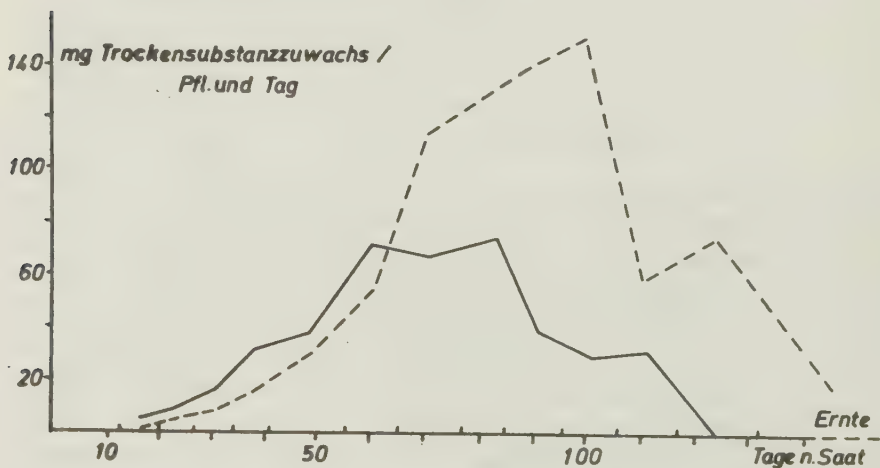


Abbildung 30: Der Einfluß der Temperatur auf die Substanzbildung des Sommerweizens 1969,
 warme Kammer —————
 kalte Kammer - - - - -

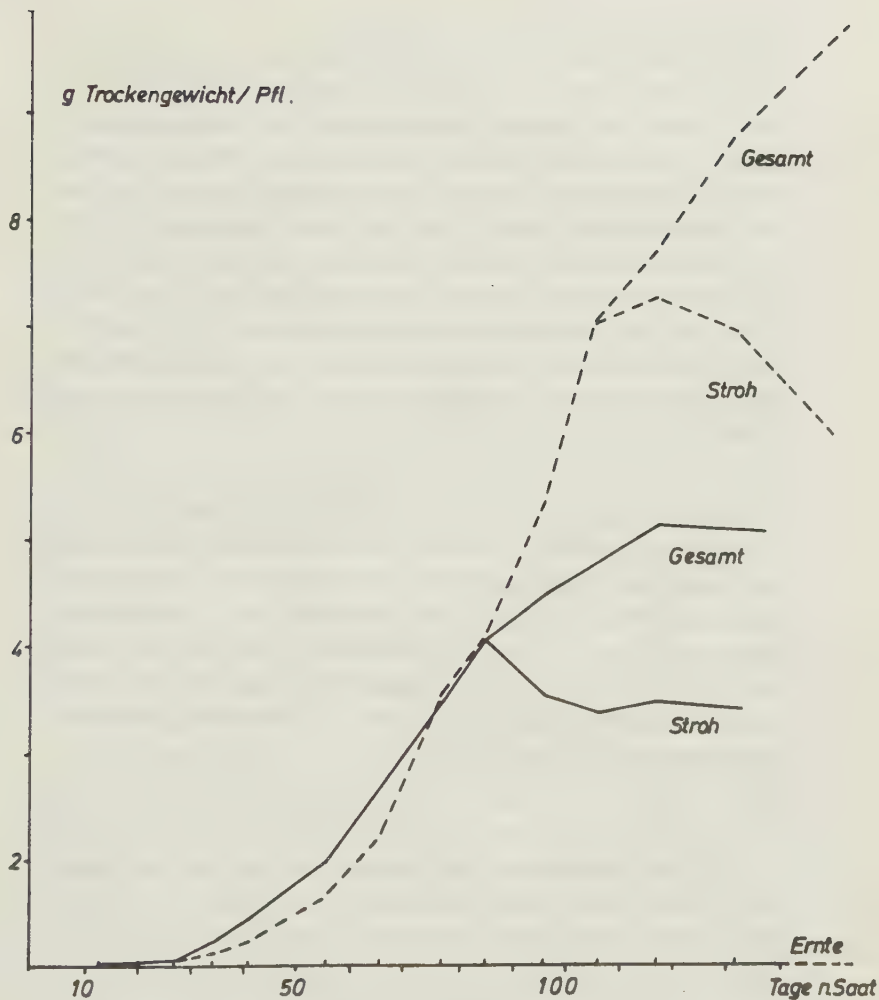


Abbildung 31: Trockengewichte des Sommerweizens 1969
in Rauisch - Holzhausen

bei den Pflanzen der warmen Kammer ———
bei den Pflanzen der kalten Kammer - - -

Die starken Unterschiede im Endtrockenmassenertrag bei der Temperaturvarianten können darüberhinaus auch durch die Dissimilation der Pflanzen und ihre Abhängigkeit von der Temperatur erklärt werden. Die Atmung bezeichnet schon LUNDEGARD als eine nie aufhörende Quelle des Substanzverlustes. Die während der Nacht veratmeten Kohlen säuremengen betragen beispielsweise für ein Haferfeld etwa die Hälfte der Menge, die am Tag im Lauf der Assimilation als Kohlenhydrat gebunden wird. Da die Atmung von der Temperatur abhängig ist, so ist ihre jeweilige Intensität für die Nahrungsbilanz der Pflanzen entscheidend.

Für die Substanzproduktion und die sich daraus ergebenden Trockenmassenerträge je Pflanze sind besonders die nächtlichen Temperaturen von Bedeutung. Als Beispiel sei wiederum ein Haferfeld herangezogen, dessen Assimilation pro Tag 300 kg Kohlenhydrate betragen soll. Bei einer Nachttemperatur von 20°C kann in 24 Stunden ein Atmungsverlust von 175 kg Kohlenhydrat festgestellt werden. Der bei dieser Temperatur erzielte Reinertrag beträgt demnach $300 - 175 = 125$ kg.

Senkt man nun die Nachttemperatur auf 10°C , so sinkt der Atmungsverlust in 24 Stunden (12 Std 20°C , 12 Std 10°C) auf 132 kg ab. Der Reinertrag beträgt in diesem Fall dann $300 - 132 = 168$ kg und ist etwa 30 % höher als bei der Nachttemperatur von 20°C .

Bei wachsenden Pflanzen wird diese Erscheinung teilweise dadurch kompensiert, daß die Temperatursenkung zwar die Atmung aber auch die Wachstumsintensität herabsetzt. Dies wird im vorliegenden Versuch deutlich. Zu Beginn der Vegetation wird offensichtlich die Wachstumsintensität durch hohe Vegetationstemperaturen stärker gesteigert als der Atmungsverlust, so daß die Erträge der Pflanzen der Variante mit hoher Vegetationstemperatur

während dieser Zeit über denen der Pflanzen der warmen Kammer liegen.

Anders liegen die Verhältnisse dagegen bei ausgewachsenen Pflanzen. Während dieses Vegetationsabschnittes wird die Wachstumsintensität durch eine Temperaturerhöhung nicht mehr verstärkt, so daß lediglich der größere Substanzverlust durch die verstärkte Atmung zu beobachten ist. Für ausgewachsene Pflanzen bedeuten somit kühle Nachttemperaturen unzweifelhaft einen Gewinn. Dies zeigt, nach Beendigung des Längenwachstums, der vorliegende Versuch. Durch verminderte Atmung werden weniger der tagsüber assimilierten Kohlenhydrate verbraucht und es ergeben sich daraus höhere Substanzgewinne und damit höhere Enderträge.

c. Relative Roh- und Reinproteingehalte

Es wurde bereits daraufhingewiesen, daß eine Substanzproduktion der Pflanze nicht durch eine unmittelbare Entnahme von Nährstoffen aus der Umwelt erreicht wird, sondern daß sie eine Folge der Tätigkeit des lebenden Systems ist, welches unter Verwendung der aufgenommenen Ausgangsmaterialien sowohl zur Vermehrung seiner eigenen Substanz als auch zur Produktion nicht lebentragender Produkte befähigt ist.

Bekanntlich laufen die Vorgänge des System- und des Produktwachstums in der Pflanze in einem räumlich und zeitlich ineinandergreifenden Geschehen ab. Da es uns demnach nicht möglich ist, diese Vorgänge am lebenden Objekt unter Anwendung präparativer Methoden direkt zu verfolgen, müssen wir versuchen, durch Bestimmung des jeweiligen Gehaltes der Pflanze an lebendem System und an Produkten, Rückschlüsse auf die Wechselwirkungen von Temperatur und Systemwachstum einerseits und Temperatur und Produktwachstum andererseits zu ziehen.

Zu diesem Zweck wurden am vorliegenden Versuchsmaterial

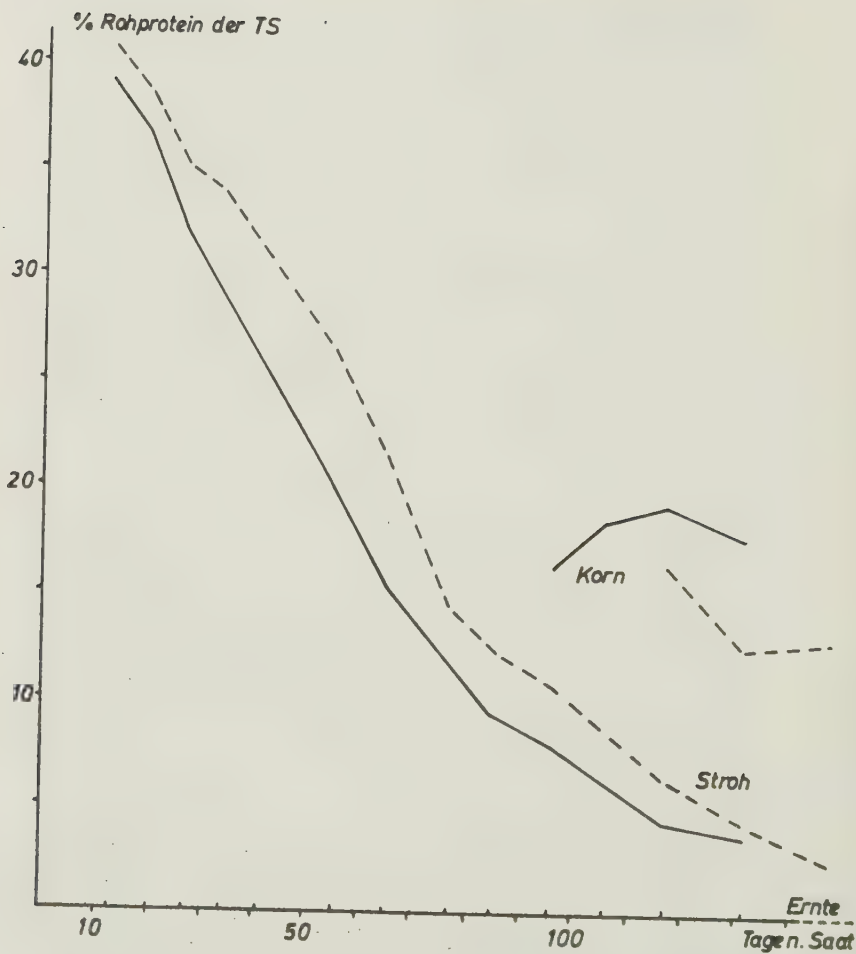


Abbildung 32: Relativer Rohproteingehalt der Trockensubstanz des Sommerweizens 1969 in Rauisch - Holzhausen

bei den Pflanzen der warmen Kammer ———

bei den Pflanzen der kalten Kammer - - - -

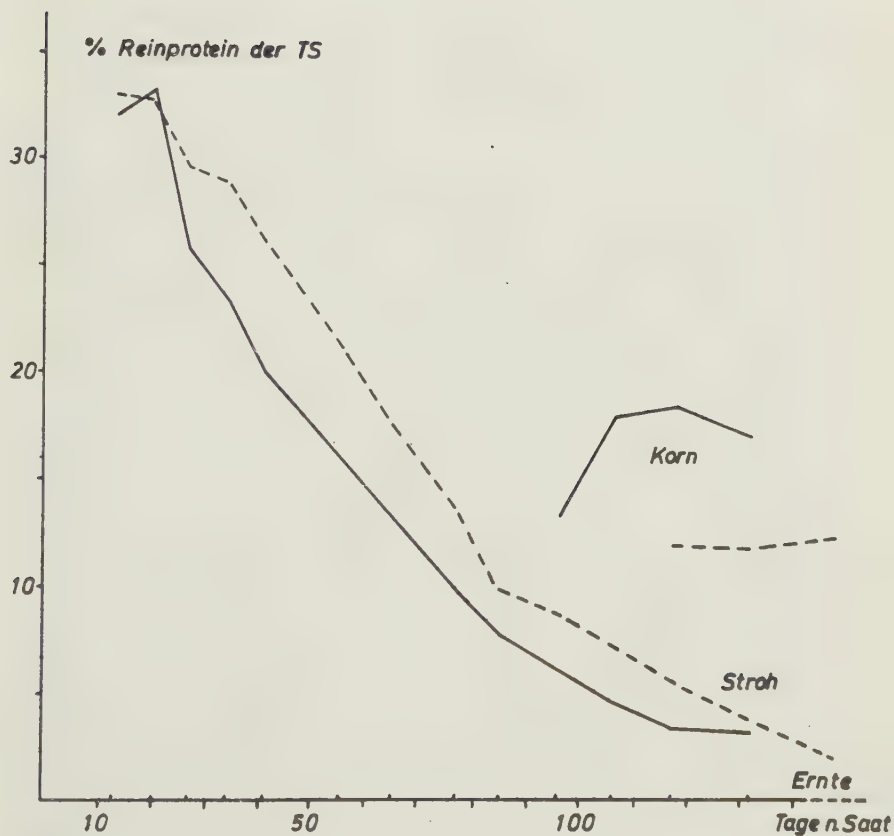


Abbildung 33: Relativer Reinproteingehalt der Trockensubstanz des Sommerweizens 1969 in Rauisch - Holzhausen
 bei den Pflanzen der warmen Kammer ———
 bei den Pflanzen der kalten Kammer - - -

wiederum Roh- und Reineiweißbestimmungen vorgenommen, wobei das Reineiweiß als Maß für das lebende System benutzt wurde.

Die Ergebnisse bestätigen, was die vorausgegangenen Beobachtungen mit ungeeigneteren Maßsystemen schon andeuteten. Der Reineiweißgehalt liegt bei beiden Varianten zur I. Ernte etwa auf gleicher Höhe (32,44 % kalt, 31,81 % warm) und steigt bis zum 20. Wachstumstag geringfügig an. Vom 20. bis zum 27. Tage nach der Saat sinkt der Reinproteingehalt der Pflanzen der warmen Kammer um 7,57 %, der der Pflanzen der kalten Kammer jedoch nur um 2,94 %. Offensichtlich verursacht die niedrige Temperatur, daß der prozentuale Anteil des lebenden Systems an der Gesamtpflanzensubstanz über eine längere Zeit einen höheren Wert behält und im Verlauf der Vegetation wesentlich langsamer absinkt, als es bei den Pflanzen der Fall ist, die bei höheren Temperaturen angebaut wurden.

Höhere Vegetationstemperaturen haben also bei den vorliegenden Versuchsbedingungen einen ähnlichen Einfluß auf die zeitliche Entwicklung des Reinproteingehaltes der Sommerweizenpflanze wie geringe Stickstoffgaben.

d. Absolute Roh- und Reinproteinerträge

Die absoluten Roh- und Reinproteilmengen je Pflanze, die in Abbildung 34 und 35 dargestellt sind, zeigen, daß von der I. bis zur VI. Ernte (1. bis 55.Tag nach der Saat) die Werte für die Pflanzen der warmen Kammer über denen der kalten liegen. Zur VII. Ernte (65 Tage nach der Saat), zu der Zeit also, als sich auch die Erträge einander annäherten, liegen die Werte sowohl für das Roh- als auch für das Reinprotein auf gleicher Höhe. Von der VIII. Ernte an, die 77 Tage nach der Saat erfolgte, übersteigen schließlich die Gehalte der Pflanzen der kalten Kammer die der warmen erheblich, da sie sich aus einem höheren relativen N-Gehalt einerseits und einem höheren Pflanz-

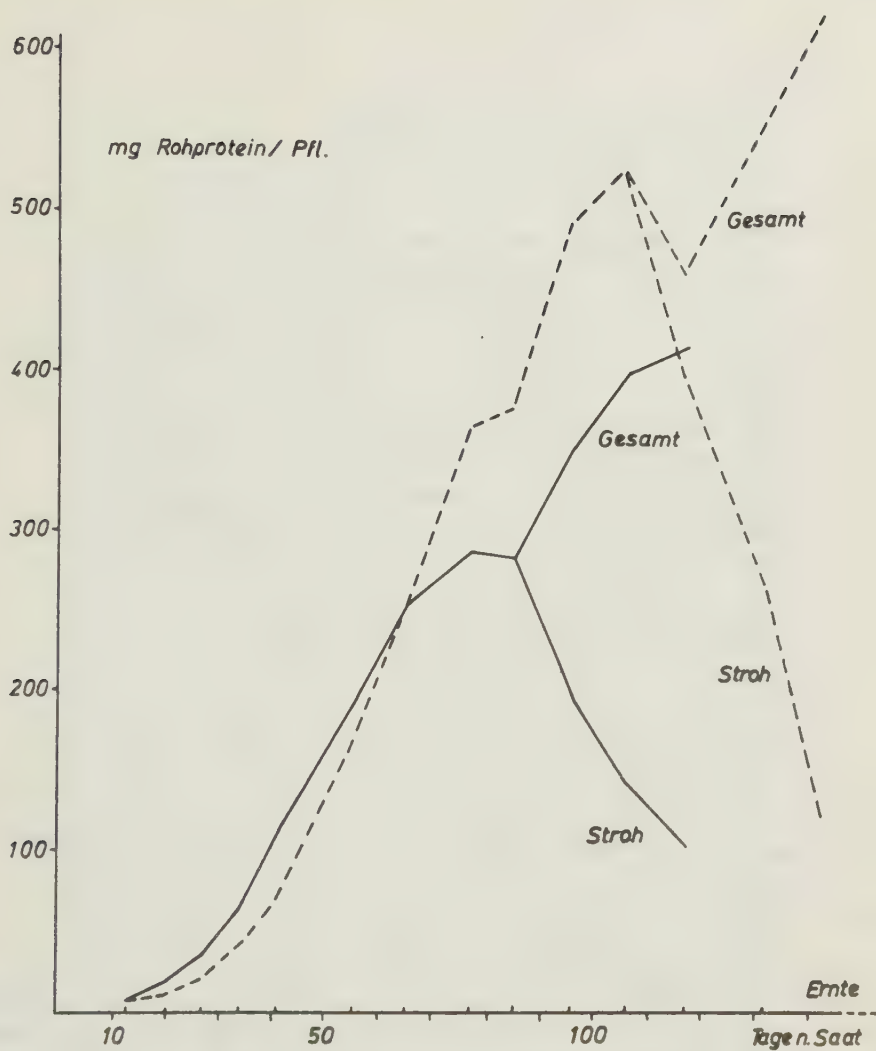


Abbildung 34: Absolute Rohproteinmengen je Pflanze bei Sommerweizen 1969 in Rauisch - Holzhausen bei den Pflanzen der warmen Kammer — bei den Pflanzen der kalten Kammer - - -

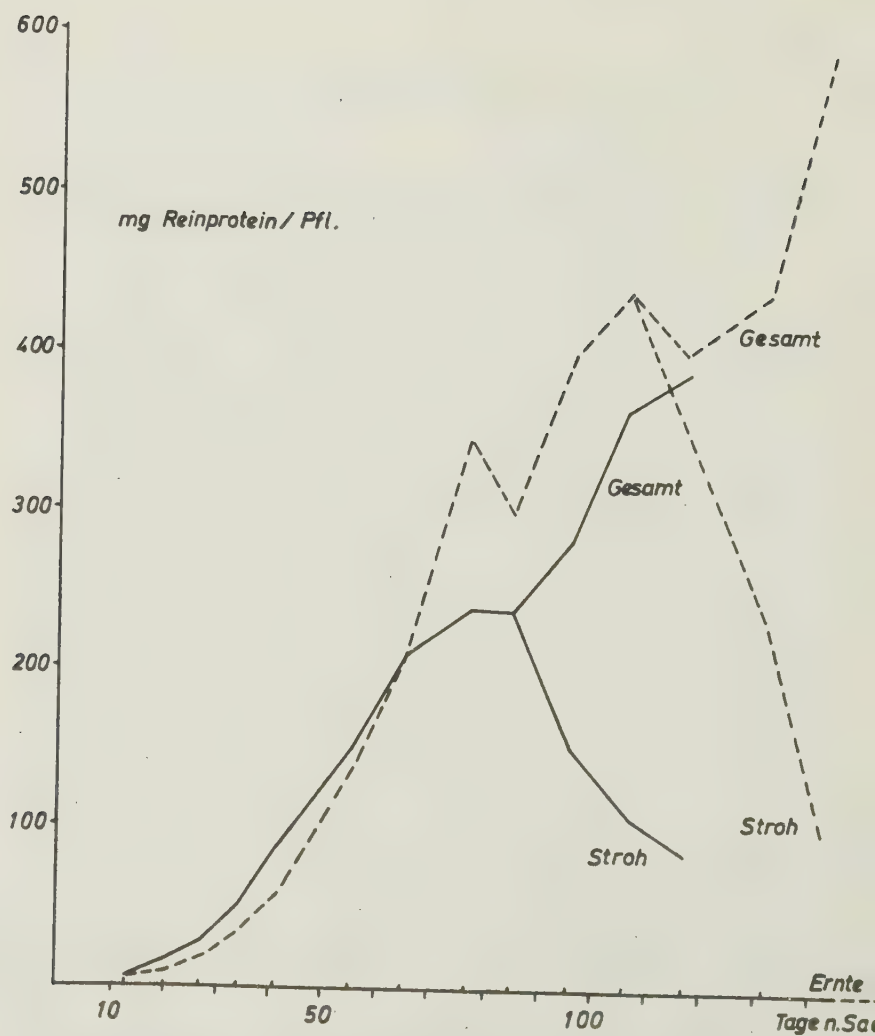


Abbildung 35: Absolute Reineiweißmengen je Pflanze bei Sommerweizen 1969 in Rauisch - Holzhausen bei den Pflanzen der warmen Kammer. — bei den Pflanzen der kalten Kammer - - -

zenertrag andererseits errechnen.

Bei den Pflanzen der warmen Kammer ist nach der Periode des starken Anstieges der Reineiweißmengen je Pflanze zu Beginn der Vegetation vom 65.-85. Wachstumstag eine Zeitspanne des konstanten Proteingehaltes der Pflanzen zu beobachten. Danach erfolgt Eiweißabbau im Stroh und Eiweißaufbau im Korn. Der Gesamteiweißgehalt der Pflanzen nimmt bis zum Ende der Vegetation zu.

Bei den Pflanzen der kalten Kammer dauert der Zeitraum des steilen Anstieges der Reineiweißmengen je Pflanze bis zum 77. Wachstumstag, also 12 Tage länger als bei den Pflanzen der warmen Kammer. Zur IX. Ernte (85 Tage nach der Saat) ist ein einmaliges Absinken des Proteingehaltes zu beobachten. Danach erfolgt jedoch bis zum 106. Wachstumstag eine weitere Zunahme des Proteinertrages der Pflanzen, und erst nach dem 117. Tage nach der Saat ist im Stroh ein Proteinabbau zu verzeichnen.

e. Diskussion der Versuchsergebnisse

Bei dem Versuch einer Deutung der Versuchsergebnisse müssen wir uns erneut vor Augen führen, daß das Gesamtwachstum der Pflanze letzten Endes auf der Tätigkeit des lebenden Systems beruht. Die aufgenommenen Nährstoffe sind dabei die Ausgangsmaterialien, die an das System herantreten, mit ihm in Wechselwirkung gelangen und sich wieder von ihm lösen (LINSER, 1969). Die Gesamtheit der erzeugten Trockenmasse ist dabei von den Mengen der zur Verfügung stehenden Ausgangsmaterialien, von der Produktionskapazität der Pflanze und von der zur Verfügung stehenden Zeit abhängig. Voraussetzungen für einen möglichst hohen Erdertrag sind somit dann gegeben, wenn das Angebot an geeigneten Nahrungsstoffen möglichst reichlich, die Produktionskapazität möglichst groß und die zur Verfügung stehende Zeit möglichst lang sind.

Um die durch das Reinprotein repräsentierte Produktions-

kapazität pro Pflanze abschätzen zu können, seien die Systemmengen je Pflanze beider Temperaturvarianten im Verlauf der Vegetation miteinander verglichen.

Die Werte lassen erkennen, daß die Pflanzen, die einer hohen Vegetationstemperatur ausgesetzt sind, bis zum 65. Wachstumstag einen höheren Systemgehalt aufweisen, als die Pflanzen, die bei mäßigen Temperaturen kultiviert wurden.

Mit der VIII. Ernte, also 77 Tage nach der Saat, ist in den Pflanzen der warmen Kammer offensichtlich bereits die Grenzrelation von System zu Produkt erreicht, bei der ein Wachstumsstillstand des Systems zu beobachten ist. Daran schließt sich bis zum 85. Wachstumstag eine Periode konstanter Systemmengen je Pflanze an. Nach dem 85. Tage nach der Saat ist dann im Stroh nach Überschreiten der Vitalitätsgrenze des Systems ein Systemabbau und im Korn ein Systemaufbau zu beobachten.

Aus den Werten der zeitlichen Systemwachstumskurven lassen sich die täglichen Systemzuwachsrate durch Bildung des Differentialquotienten errechnen. Die Syntheseleistung der Pflanze für System steigt im Verlauf der Vegetation bis zu einem maximalen Wert von 19,10 mg Systemzuwachs pro Pflanze und pro Tag an. Diese maximale Zuwachsrate erfolgt zwischen dem 55. und dem 65. Wachstumstag. Danach sinken die Werte wieder ab und werden zwischen dem 77. und dem 85. Wachstumstag negativ.

Die Systemwachstumskurve der Pflanzen, die bei niedriger Temperatur angebaut wurden, zeigt zu Beginn der Vegetation einen ähnlichen Verlauf wie die der Pflanzen der warmen Kammer. Die Periode des Systemwachstums, die sich in einem Anstieg der Systemmenge je Pflanze äußert, dauert jedoch hier bis zum 106. Wachstumstag, während sie bei den Pflanzen der warmen Kammer bereits nach dem 77. Wachstumstag beendet ist. Diese Ergebnisse zeigen, daß

die Periode des Systemwachstums durch die Wahl einer niedrigen Vegetationstemperatur um 29 Tage verlängert wurde. Die Höchstwerte für die Menge an System je Pflanze liegen in der kalten Kammer fast doppelt so hoch wie in der warmen. Damit ist eine enorme Ausweitung der Produktionskapazität der Pflanzen verbunden, die wiederum Voraussetzung für eine vermehrte Substanzproduktion und die Erstellung eines hohen Endertrages ist. Nach dem 106. Wachstumstag ist dann ein Systemabbau im Stroh zu beobachten.

Die aus der zeitlichen Systemwachstumskurve ermittelte Differentialkurve der Systemzuwachsrate hat bei den Pflanzen der kalten Kammer ihr Maximum zwischen der VII. und der VIII. Ernte. Im Gegensatz zu der Variante mit höherer Vegetationstemperatur erfolgen also erst zwischen dem 65. und dem 77. Wachstumstag die größten Systemzuwachsrate. Die Zeit der maximalen Systemsyntheseleistung der Pflanze liegt somit etwa 10 Tage später. Zwischen dem 77. und dem 85. Wachstumstag ist dann auch bei den Pflanzen, die bei niedrigen Temperaturen angebaut wurden, ein Systemabbau zu beobachten. Danach erfolgt jedoch ein erneutes Systemwachstum, das bis zum 106. Wachstumstag dauert. In diesem Zeitraum erfolgt in den Pflanzen der warmen Kammer bereits ein Systemabbau. Die maximale Systemzuwachsrate mit 37,96 mg Systemzuwachs pro Pflanze und pro Tag liegt fast doppelt so hoch wie bei der Variante mit höherer Vegetationstemperatur.

Aus den Differentialquotienten des Systemwachstums werden die Bildungsgeschwindigkeiten für System im Verlauf der Vegetation berechnet. Die Ergebnisse lassen erkennen, daß nur zwischen dem 13. und dem 20. Wachstumstag die Bildungsgeschwindigkeit für System der Pflanzen der warmen Kammer wesentlich über der Bildungsgeschwindigkeit für System der kalten Kammer liegt. Im weiteren Wach-

stumsverlauf wird deutlich, daß die niedrige Vegetationstemperatur eine Beschleunigung der Bildungsgeschwindigkeit des Systems verursacht. Die Systemsynthese wird also nicht nur zeitlich verlängert, sondern auch beschleunigt. Beide Tatsachen tragen zu dem starken Anstieg der Systemmengen je Pflanze im Gegensatz zu der Variante mit hoher Vegetationstemperatur bei.

Der unterschiedliche Verlauf der Systemwachstumskurven beider Temperaturvarianten wirkt sich auch in charakteristischer Weise auf das Produktwachstum aus. Bei den Pflanzen, die bei hoher Vegetationstemperatur angebaut wurden, erfolgt in den ersten 55 Wachstumstagen kein nennenswertes Produktwachstum. Ein steiler Anstieg der Produktzuwachsrate ist erst zwischen dem 55. und dem 65. Wachstumstag zu beobachten. Daran schließt sich eine zwanzigtägige Periode mit etwa konstant bleibenden Produktzuwachsrate an. Nach dem 85. Wachstumstag endet die Syntheseleistung des Systems für Produkte.

Bei den Pflanzen, die bei mäßiger Temperatur kultiviert wurden, setzt das eigentliche Produktwachstum erst zwischen dem 65. und dem 77. Wachstumstag, also etwa 10 Tage später als bei der Variante mit hoher Vegetationstemperatur, ein. Es dauert bis zum Ende der Vegetation.

Bei den Pflanzen, die bei niedriger Temperatur gezogen wurden, liegen also sowohl der Beginn als auch das Ende des Produktwachstums später als bei den Pflanzen der Variante mit hoher Vegetationstemperatur. Die Ursache hierfür muß darin zu suchen sein, daß auch die Umsteuerung des Stoffwechsels vom überwiegenden Systemwachstum in vorwiegendes Produktwachstum zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt. Dadurch ergibt sich für die Pflanze eine längere Periode des Aufbaus ihrer Produktionskapazität, eine höhere stoffwechselchemische Leistungsfähigkeit und letztlich ein höherer Ertrag.

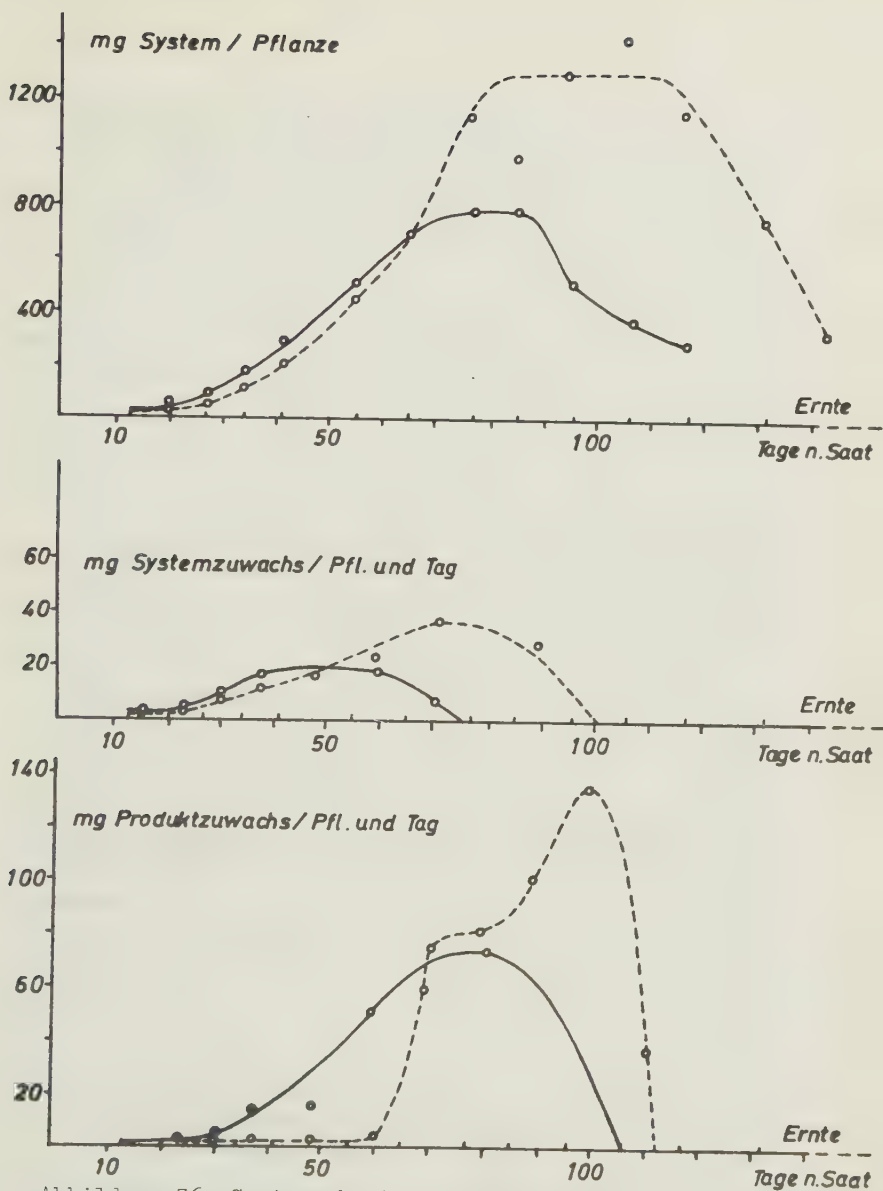


Abbildung 36: Systemgehalte je Pflanze, System- und Produktzuwachsrate je Pflanze und Tag bei Sommerweizen 1969 in Rausch-Holzhausen
 warme Kammer ———
 kalte Kammer - - - -

Um den Einfluß der Vegetationstemperatur auf den Zeitpunkt der Stoffwechselumsteuerung zu verdeutlichen, seien die Bildungsgeschwindigkeiten für System einerseits und für Produkte andererseits für beide Varianten miteinander verglichen.

Die Werte zeigen, daß bei der Variante mit hoher Vegetationstemperatur zwischen dem 41. und dem 55. Wachstumstag die Bildungsgeschwindigkeit für System etwa gleich groß ist wie die Bildungsgeschwindigkeit für Produkte. Zwischen dem 55. und dem 65. Wachstumstag überwiegt bereits stark das Produktwachstum. Man kann daraus schließen, daß die Stoffwechselumsteuerung offensichtlich kurz nach dem 55. Wachstumstag erfolgt sein muß.

Bei der Variante mit niedriger Vegetationstemperatur liegt zwischen dem 41. und dem 55. Wachstumstag die Bildungsgeschwindigkeit für System mit 9,6 % der vorhandenen Systemmenge pro Tag noch weit über der Bildungsgeschwindigkeit für Produkte, die im gleichen Zeitraum nur 5,8 % der vorhandenen Systemmenge pro Tag beträgt. Zwischen dem 55. und dem 65. Wachstumstag liegt auch hier die Bildungsgeschwindigkeit für Produkte, wenn auch gering, über der Bildungsgeschwindigkeit für System. Vermutlich liegt also der Zeitpunkt der Stoffwechselumsteuerung kurz vor dem 65. Wachstumstag und damit einige Tage später als bei der Variante mit hoher Vegetationstemperatur.

Vergleicht man die durchschnittlichen Werte aus jeweils drei Ernten, so kommt die unterschiedliche zeitliche Entwicklung des System- und des Produktwachstums bei der Temperaturvarianten noch deutlicher zum Ausdruck.

Die Zahlen und ihre graphische Darstellung lassen erkennen, daß bei den Pflanzen der hohen Temperaturvariante das Systemwachstum zwischen der VII. und der X. Ernte endet und daß während dieser Zeit auch die Bildungs-

geschwindigkeit für Produkte abnimmt.

		Ernte		
		I.-IV.	IV.-VII.	VII.-X.
B _{Sy}	warm	14,8	6,3	- 0,7
B _{Pr}		2,8	7,9	5,0
B _{Sy}	kalt	10,5	8,1	2,3
B _{Pr}		0,9	5,2	9,7

Bei den Pflanzen der niedrigen Temperaturvariante ist zum gleichen Zeitraum noch Systemwachstum zu beobachten, und die Bildungsgeschwindigkeit für Produkte erreicht hier ihren höchsten Wert. Das starke Produktwachstum zu dieser Zeit verursacht den hohen Endertrag.

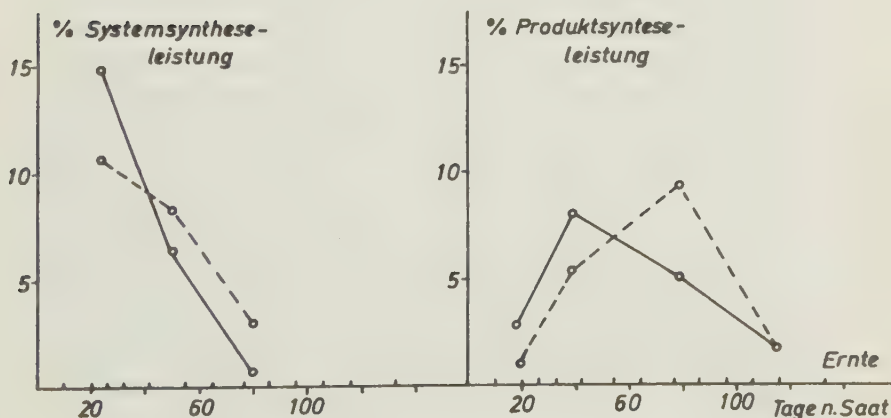


Abbildung 37: Protein- und Produktsyntheseleistung des Sommerweizens 1969 in Rauisch - Holzhausen warm — , kalt ---

Eine niedrige Vegetationstemperatur hat bei den vorliegenden Versuchsbedingungen offensichtlich ähnliche Wirkungen auf das Systemwachstum des Sommerweizens wie eine hohe Stickstoffgabe.

Hohe Vegetationstemperaturen verursachen im Gegensatz dazu eine frühzeitige Stoffwechselumsteuerung im Sinne eines überwiegenden Produktwachstums.

Es ist bekannt, daß durch erhöhte Temperaturen die mannigfachen Stoffwechselprozesse als Folge einer Zunahme der Reaktionsgeschwindigkeit beschleunigt werden. Es scheint jedoch, daß die Beschleunigung der verschiedenen Stoffwechselreaktionen durch eine Temperaturerhöhung unterschiedlich ist. Als Folge davon ergibt sich ein Angebot an Ausgangsmaterialien zur Substanzproduktion, das nicht der zum reinen Systemwachstum erforderlichen, idealen Mengenrelation entspricht. Offensichtlich kam es zu einem Überangebot an Teilstücken einer Art, während ein anderes zur Systemsynthese notwendiges Teilstück nicht in dem gleichen Maße zur Verfügung stand.

So kann das in Reduplikation befindliche System nicht seine volle Funktionsfähigkeit erlangen und damit auch nicht zur weiteren Substanzproduktion beitragen. Das vorhandene Überangebot an anderen Teilstücken führt aber gleichzeitig zu Stoffwechselüberschüssen, die eine frühzeitige Produktproduktion verursachen. Es kommt zu einer Ansammlung und Speicherung dieser Produkte, da der Pflanze nur in geringem Ausmaße die Möglichkeit der Ausscheidung von Stoffwechselprodukten zur Verfügung steht. Die Produktanreicherung beeinträchtigt die lebentragenden Zellstrukturen, so daß daraus eine weitere Verminderung ihrer Reduplikationstätigkeit resultiert.

Im vorliegenden Versuch bei der vorliegenden Versuchspflanze ist also die hohe Vegetationstemperatur nicht

geeignet, unter den gegebenen übrigen Wachstumsbedingungen zur Lieferung hoher Enderträge beizusteuern, da durch zu frühzeitig einsetzendes Produktwachstum zu wenig Zeit für ein Systemwachstum und damit zum Aufbau einer möglichst großen Produktionskapazität der Pflanze gegeben ist. Die gewählte Vegetationstemperatur begünstigt offensichtlich das zu Beginn der Vegetation wünschenswerte Systemwachstum nicht, da sie über dem für das Systemwachstum optimalen Temperaturbereich liegt. Die frühzeitige Stoffwechselumsteuerung im Sinne eines überwiegenden Produktwachstums kann wahrscheinlich durch Variation der übrigen Umweltfaktoren, die in ihrer Gesamtheit die äußeren Bedingungen der Pflanze darstellen, zeitlich hinausgezögert werden.

Die Pflanzen der niedrigen Temperaturvariante zeigen einen Wachstumsverlauf, der durch geringe Substanzzunahmen zu Beginn der Vegetation gekennzeichnet ist. Die niedrige Temperatur verursacht offensichtlich eine Verlangsamung der Stoffwechselreaktionen und der Stoffproduktion. Das verminderte Angebot an Bausteinen, die zur Systemvermehrung benötigt werden, wirkt sich in charakteristischer Weise auf die Bildungsgeschwindigkeit für System aus. Sie beträgt in den Pflanzen der niedrigen Vegetationstemperatur zwischen dem 13. und dem 20. Wachstumstag nur 6,9 % der vorhandenen Systemmenge pro Tag, bei den Pflanzen der hohen Vegetationstemperatur dagegen 22,9 %.

Die Zahlen lassen erkennen, daß zwar insgesamt ein kleineres Angebot an Substanzen zur Substanzproduktion notwendigen Bausteinen besteht, daß aber ihr Mengenverhältnis mehr der zur Systemreduplikation erforderlichen Relation entspricht, als es bei den Pflanzen der hohen Vegetationstemperatur der Fall ist. Da das Angebot an Teilstücken dem zur Systemreduplikation er-

forderlichen Muster weitgehend entspricht, werden zu Beginn der Vegetation fast alle zur Verfügung stehenden Ausgangsmaterialien rückstandslos in System umgewandelt.

Der tägliche Gesamtzuwachs der Pflanze während der ersten Wachstumswochen ergibt sich deshalb fast ausschließlich aus Systemzuwachs, während der Produktzuwachs nur einen geringen Teilausmacht. Die Ansammlung von Produkten und die daraus resultierende Verminderung der Systemwachstumsgeschwindigkeit setzt erst zu einem Zeitpunkt ein, als die Produktionskapazität der Pflanze infolge des exponentiell zur Zeit erfolgenden Systemwachstums schon sehr groß ist.

Durch die verlängerte Phase des Systemwachstums und die erst zu einem sehr späten Zeitpunkt der Vegetation überschrittene Grenzrelation von System zu Produkt, die die Vitalitätsgrenze des Systems kennzeichnet, stehen der Pflanze einerseits eine erhöhte Produktionskapazität und andererseits eine längere Zeitspanne zur Substanzproduktion zur Verfügung. So kommt es zu dem stark erhöhten Endertrag, der durch das anfänglich zugunsten des Systemwachstums verzögerte Produktwachstum verursacht wird.

Die Ergebnisse des Vegetationsversuches in Rauisch - Holzhausen lassen somit erkennen, daß die Vegetationstemperatur als Bestandteil der äußeren Bedingungen der Pflanze Veränderungen der inneren Bedingungen im Rahmen der durch das informationsübertragenden Systems gesetzten Möglichkeiten bewirken kann, indem sie den zeitlichen Verlauf des System- und des Produktwachstums der Pflanze beeinflusst.

III. Einfluß von Chlorocholinchlorid auf den Eiweißhaushalt des Sommerweizens

A. Theoretische Grundlagen

1. Die Wirkung endogener Faktoren auf die Ertragsbildung der Pflanze

Der Vegetationsversuch in Rauisch-Holzhausen verdeutlichte, daß die zeitliche Entwicklung des Verhältnisses von System zu Produkt in der Pflanze durch den Umweltfaktor Temperatur geändert werden kann. Der Grund liegt in der frühzeitig verminderten Reduplikationstätigkeit des lebenden Systems einerseits und in vorzeitiger Produktproduktion andererseits durch erhöhte Temperaturen.

Wir wissen, daß es auch innerhalb des Organismus wirksamwerdende Regulatoren gibt, die das Systemwachstum beschleunigen oder abstoppen können. Solche endogenen Faktoren, die in den Wachstumsprozeß der Pflanze eingreifen, sind die Gene. Die Gene wirken dabei nicht direkt auf die Stoffwechselvorgänge ein, sondern sie beeinflussen sie, indem sie für die Produktion bestimmter Wirkstoffe sorgen, die dann ihrerseits die Wachstums- und Entwicklungsvorgänge steuern.

Soweit diese Stoffe morphologische Merkmale der Pflanze in ihrer entwicklungsmäßigen Ausbildung beeinflussen, werden sie als Morphoregulatoren bezeichnet. Beispielsweise kann die Gibberellinsäure als ein solcher pflanzeigener Morphoregulator angesehen werden, der das Längenwachstum der Pflanze zur Zeit der größten Längenzunahme ihrer oberirdischen Organe beschleunigt.

Nähere Einblicke in die Wirkungsmechanismen der pflanzeigenen Morphoregulatoren gewährten uns in jüngster Zeit Versuche mit gewissen synthetisch gewinnbaren Stoffen, die in der Lage sind, der Gibberellinsäure als Antagonisten entgegenzutreten.

Durch die Zufuhr von Chlorcholinchlorid (CCC), das antagonistische Eigenschaften gegenüber der Gibberellinsäure aufweist, kann beispielsweise die Halmlänge von Winterweizen um mehr als 20 % verkürzt werden. Mittels CCC kann man somit in das pflanzliche Entwicklungswachstum eingreifen (LINSER, MAYR und BODO, 1961).

Es ist nun von Interesse, mittels eines Vegetationsversuches zu prüfen, ob eine Behandlung der Pflanze mit CCC neben der Veränderung der morphologischen Merkmale auch einen Einfluß auf den Eiweißhaushalt der Pflanze, insbesondere auf das Systemwachstum ausübt.

B. Experimenteller Teil

1. Vegetation 1968

a. Wachstumsbeobachtungen, Frischgewichte und Trockengewichte

Um diese Frage näher zu untersuchen, wurde im Versuchsjahr 1968 ein Vegetationsversuch durchgeführt. Die Versuchsanlage sei kurz stichwortartig skizziert:

<u>Versuchspflanze:</u>	Sommerweizen Opal
<u>Aussaatmenge:</u>	40 Körner je Gefäß
<u>Versuchsumfang:</u>	2 X 10 = 20 kleine Mitscherlichgefäße von 6,5 l Volumen
<u>Versuchsboden:</u>	"Klein Linden"
<u>Düngeplan:</u>	Beide Varianten erhielten vor der Saat eine gleichmäßige N, P, K Versorgung mit 12 g eines Mischdüngers mit dem Nährstoffverhältnis 12 / 12 / 17 / 2. Dies entspricht: 1,44 g N je Gefäß 1,44 g P ₂ O ₅ je Gefäß 2,04 g K ₂ O je Gefäß <u>Variante 2</u> erhielt darüberhinaus noch 125 mg CCC pro Gefäß zur Saat
<u>Aussaattermin:</u>	17.5.1968

Ernteplan:

Im Verlauf der Vegetation wurden die oberirdischen Pflanzenteile in Zeitabschnitten von 2 - 7 Tagen geerntet. Wachstumsbeobachtungen, Pflanzenhöhe, Frischgewichte und Trockengewichte wurden festgehalten. Leider muß der Versuch ein Fragment bleiben, da er wegen starken Mehltaubefalles nach der IX. Ernte abgebrochen werden mußte.

E r n t e p l a n

Ernte	Datum	Tage n. Saat	Anzahl der Pflanz- en pro Ernte
I.	29.5.68	12	2 X 120
II.	4.6.68	18	2 X 80
III.	7.6.68	21	2 X 80
IV.	11.6.68	25	2 X 40
V.	18.6.68	32	2 X 80
VI.	24.6.68	38	2 X 40
VII.	26.6.68	40	2 X 40
VIII.	1.7.68	45	2 X 40
IX.	5.7.68	49	2 X 40

Sowohl im Frischgewicht als auch im Trockengewicht wurde zu allen Ernten die Variante 2 (mit CCC) von den Pflanzen der Variante 1 (ohne CCC) übertroffen.

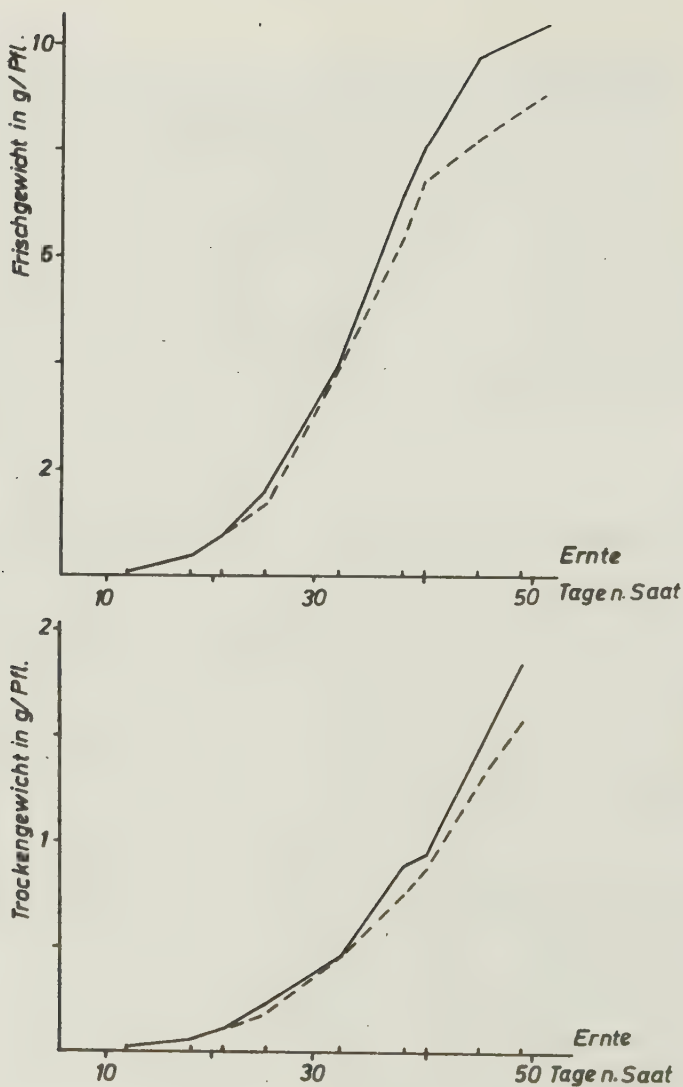


Abbildung 38: oben: Frischgewichte des Sommerweizens 1968
 unten: Trockengewichte des Sommerweizens 1968
 ohne CCC ———
 mit CCC - - - -

b. Relative Roh- und Reinproteingehalte

Umgekehrt waren die Ergebnisse der Roh- und Reineiweißbestimmungen. Hier lagen die Werte für Variante 2 (mit CCC) stets über denen der Variante 1 (ohne CCC).

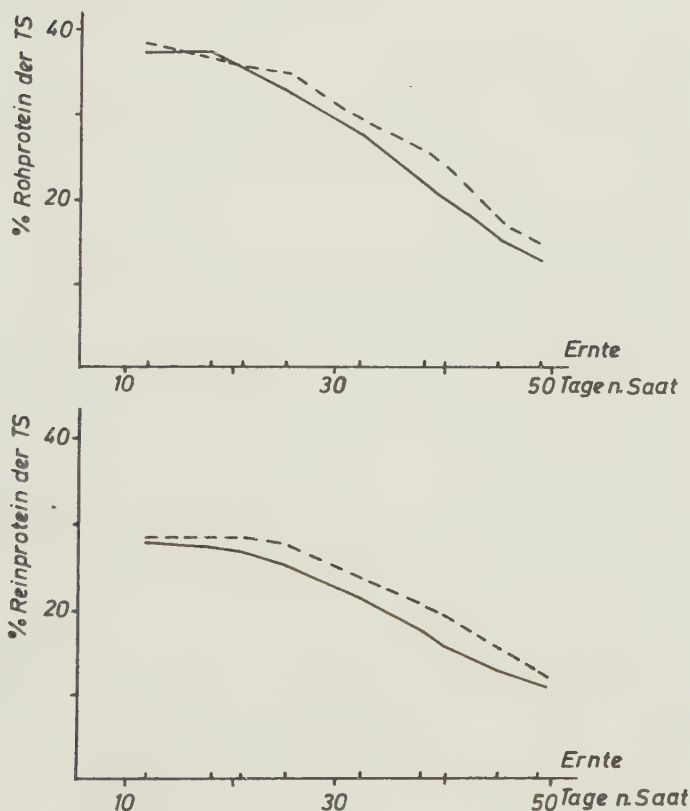


Abbildung 39: oben: Relativer Rohproteingehalt des Sommerweizens 1968
 unten: Relativer Reinproteingehalt des Sommerweizens 1968
 ohne CCC ———
 mit CCC - - -

c. Diskussion der Versuchsergebnisse

In den absoluten Roh- und Reinproteinmengen je Pflanze ist eine Angleichung beider Varianten zu beobachten, weil sich die Werte für Variante 1 (ohne CCC) aus hohen Erträgen und niedrigen Eiweißgehalten und für Variante 2 (mit CCC) aus niedrigen Erträgen und hohen Eiweißgehalten errechnen.

Um zu prüfen, ob durch CCC Veränderungen im Systemwachstum der Pflanzen verursacht werden, wurden die Systemgehalte je Pflanze und die täglichen Zuwachsraten an System ermittelt.

Es zeigte sich, daß die maximale tägliche Zuwachsrate bei beiden Varianten etwa gleich hoch (mit CCC 29,39 mg Systemzuwachs pro Pflanze und Tag, ohne CCC 31,26 mg Systemzuwachs pro Pflanze und Tag), der Zeitpunkt, zu dem der maximale Systemzuwachs erfolgte, aber verschieden war. Bei Variante 1 (ohne CCC) lag er zwischen der V. und der VI. Ernte (32. bis 38. Wachstumstag), bei Variante 2 (mit CCC) jedoch schon zwischen der IV. und der V. Ernte (25. bis 32. Wachstumstag). Die maximale Systemsyntheseleistung erfolgt also bei den Pflanzen mit CCC etwa eine Woche früher als bei den Pflanzen ohne CCC.

Die Stoffwechselumsteuerung, die als zu dem Zeitpunkt vollzogen angesehen werden soll, zu dem die Bildungsgeschwindigkeit für Produkte zum ersten Mal die Bildungsgeschwindigkeit für System übertrifft, erfolgte bei beiden Varianten zwischen der VI. und der VII. Ernte (38. bis 40. Wachstumstag). Bei Variante 2 sind zwischen dem 32. und dem 38. Wachstumstag beide Bildungsgeschwindigkeiten schon etwa gleich, bei Variante 1 dagegen übertrifft im gleichen Zeitraum die Bildungsgeschwindigkeit für System mit 18 % der vorhandenen Systemmenge pro Tag die für Produkte mit 13,3 % noch erheblich. Es darf also angenommen werden, daß die Umsteuerung bei Variante 1

(ohne CCC) ein bis zwei Tage nach der von Variante 2 (mit CCC) erfolgte.

In der Produktsyntheseleistung übertrifft nach einsetzendem Produktwachstum (40. bis 45. Wachstumstag) die Variante 1 die Variante 2.

Es scheint also, daß im vorliegenden Fall die Leistungsfähigkeit der Pflanze für die Herstellung von Produkten, die in ihrem Umfang entscheidend zur Höhe des Endertrages beiträgt, durch CCC vermindert wurde.

Diese Ergebnisse können jedoch nicht als endgültig angesehen werden, da der Versuch zu spät im Jahr angesetzt wurde und wegen des starken Mehлтаubefalls der Pflanzen nicht bis zu deren Vollreife durchgeführt werden konnte. Aus beiden Gründen muß der Versuch deshalb ein Fragment bleiben.

IV. Reineiweißgehalte verschiedener Pflanzen zu Beginn der Vegetation

Bei den Berechnungen der Systemgehalte der Pflanzen wurde bisher stets der Faktor 3,3 benutzt, der durch eine Reineiweißbestimmung in isolierten Weizenembryonen ermittelt wurde. Bei einem Reineiweißgehalt von 30 % ergibt sich, wenn man annimmt, daß der Embryo annähernd zu 100 % aus System besteht, ein Umrechnungsfaktor von 3,3. Während der ersten Wachstumstage bleibt als Folge des fast ausschließlichen Systemwachstums der Reineiweißgehalt der Keimpflänzchen auf gleicher Höhe.

Der Reineiweißgehalt der Keimpflanzen kann somit ebenfalls als brauchbares Maß des Reineiweißgehaltes des Embryos gelten und somit zur Ermittlung des Umrechnungsfaktors von Reinprotein nach System dienen.

Es erscheint nun von Interesse festzustellen, welche Proteingehalte bei den verschiedenen Pflanzen zu Beginn der Vegetation vorliegen. Gleiche Proteingehalte könn-

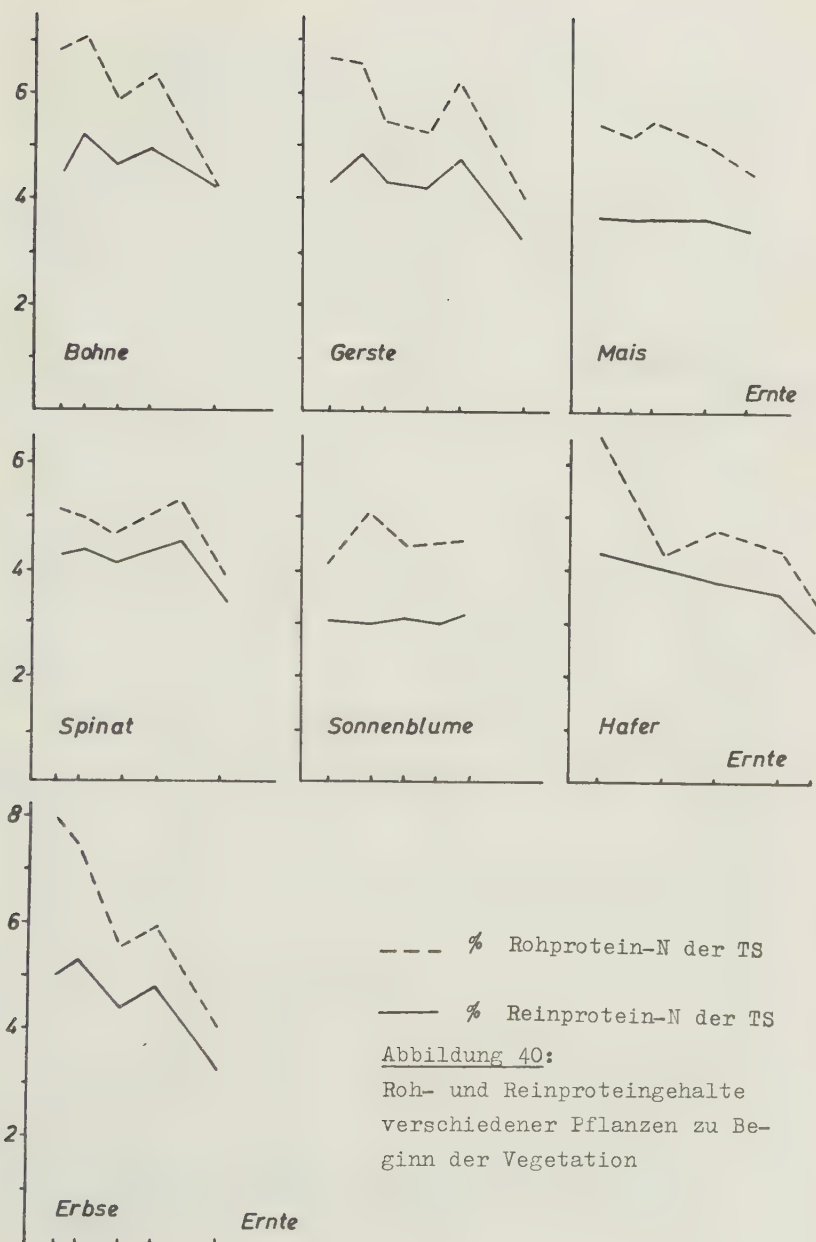
ten ein Zeichen dafür sein, daß die Zusammensetzung der lebentragenden Zellstrukturen bei den verschiedenen Pflanzen gleich ist und daß man stets den gleichen Umrechnungsfaktor benutzen kann. Unterschiedliche Reinproteingehalte dagegen lassen den Schluß zu, daß auch Unterschiede in der Systemzusammensetzung bestehen und daß somit für jede Pflanze der Umrechnungsfaktor ein anderer sein muß.

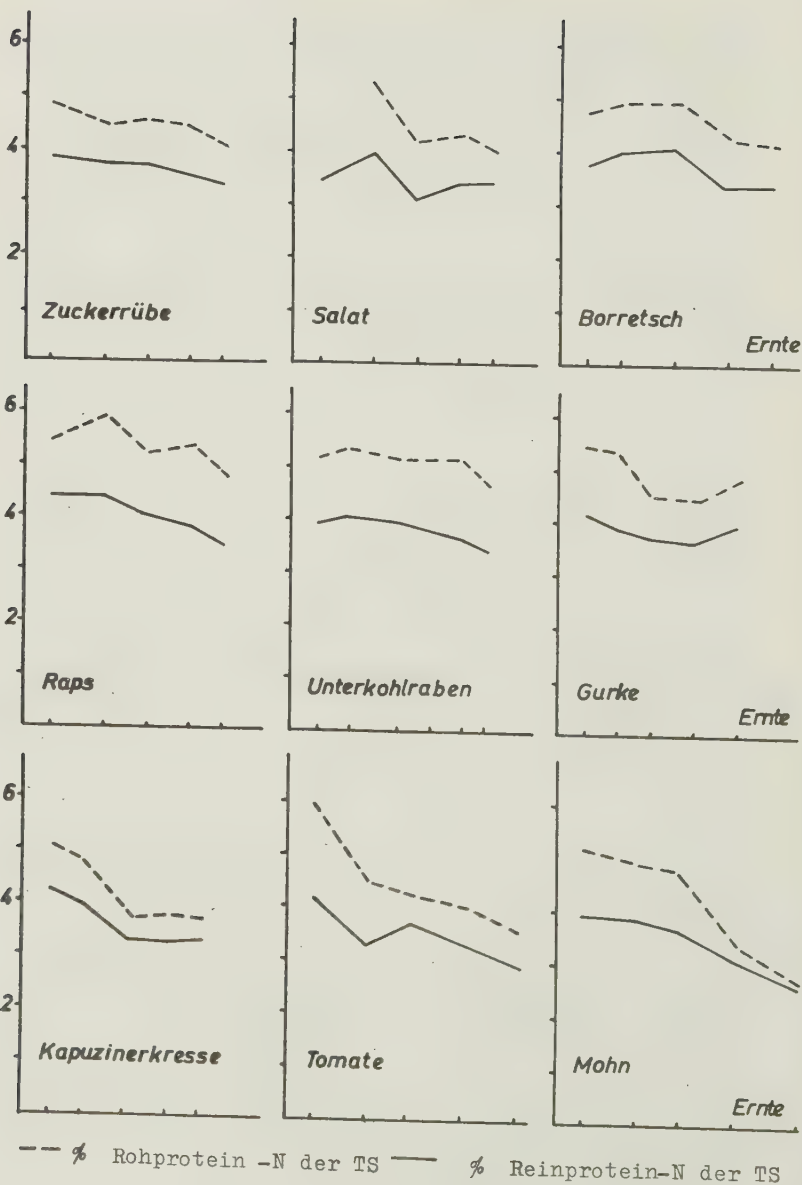
Um dies zu prüfen, wurden verschiedene Pflanzen in kleine Mitscherlichgefäße ausgesät, die mit dem Versuchsboden "Klein Linden" gefüllt waren. Pro Gefäß wurden vor der Saat bei allen Versuchspflanzen 10 g Rhekaphos (1,5 g P_2O_5 und 2,5 g K_2O) und 8,182 g Kalkammonsalpeter (1,8 g N) verabreicht.

Die erste Ernte der Pflanzen wurde stets nach der vollen Ausbildung der Keimblätter vorgenommen. Je nach Pflanzenart war dies Stadium zwischen dem 7. bis 20. Tag nach der Saat erreicht. Die erste Probenahme lag also bei allen Pflanzen in dem Zeitraum des vorherrschenden Systemwachstums. Um die weitere Entwicklung des Systemwachstums der Pflanzen feststellen zu können, wurden weitere vier Ernten im Abstand von jeweils drei bis vier Tagen vorgenommen, so daß die Pflanzen bei der letzten Ernte etwa vier Wochen alt waren.

Das getrocknete Pflanzenmaterial wurde einer Roh- und einer Reinproteinbestimmung unterzogen. Die Ergebnisse zeigen, daß der Reinproteingehalt der Pflanzen, der zur ersten Ernte bestimmt wurde, erhebliche Schwankungen aufweist. Der höchste Reinproteingehalt wurde bei der Erbse mit 31,3 % Reinprotein der Trockensubstanz festgestellt, der niedrigste bei der Sonnenblume mit 18,9 %.

Man kann daraus schließen, daß der Reinproteingehalt des Systems bei den verschiedenen Pflanzen einen anderen Wert hat, weil eine gewisse Individualität in der Zusammensetzung der lebentragenden Strukturen besteht, so daß für jede Pflanze der Umrechnungsfaktor bestimmt werden muß.





V. Zusammenfassung

Die Versuche, die im Rahmen der Dissertation angefertigt wurden, zeigen, daß das System- und das Produktwachstum als Teilprozesse des Gesamtwachstums durch Variation der Umweltbedingungen beeinflußt werden können. Die Außenfaktoren beeinflussen demnach auch die chemische Zusammensetzung und die Qualität der Ernteprodukte.

Es wäre von Interesse zu untersuchen, wie man durch Variation der vom Menschen beeinflussbaren Wachstumsfaktoren den Vegetationsverlauf der Pflanze so steuern kann, daß das jeweils angestrebte Ertragsziel erreicht wird. Dazu fehlt es aber bisher an näheren Untersuchungen über die physiologischen Reaktionen der Pflanze auf die verschiedenen Außenfaktoren.

Es kann beispielsweise geprüft werden, welche N-Gabe bei den gegebenen klimatischen Bedingungen am besten geeignet ist, optimales Wachstum und quantitativ und qualitativ optimalen Ertrag hervorzubringen. Dies müßte eine N-Gabe sein, die die im Jugendstadium des pflanzlichen Organismus herrschende Periode überwiegenden Systemwachstums verlängert, damit eine möglichst lange Zeitspanne für den Aufbau ihrer Produktionskapazität zur Verfügung steht.

Gleichzeitig darf aber durch die überwiegende Eiweißproduktion nicht die Bildung lebensnotwendiger Stützsubstanzen zu stark eingeschränkt werden, da zur Aufrechterhaltung eines lebensfähigen Organismus ein ganz bestimmtes, charakteristisches Mengenverhältnis der Komponenten

Lebendes System : Stützstrukturen : Reservestoffen :
Systembelastenden Stoffen : Auszuscheidenden Stoffen

erforderlich ist. Eine zu starke Einschränkung der Stützsubstanzsynthese führt beispielsweise zum Verlust der Standfestigkeit der Pflanze. Durch eintretendes Lager

wird die Tätigkeit der lebentragenden Zellstrukturen durch die gehemmte Wasser- und Nährstoffzufuhr eingeschränkt und die Substanzproduktion vermindert. Die Folge davon ist eine Ertragseinbuße sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht.

Außerdem müssen der Pflanze auch nach der Stoffwechselumsteuerung noch genügend Zeit und Nahrungsmaterial zur Substanzproduktion bleiben, da ja die Höhe des Endertrages entscheidend von dem Umfang des im letzten Abschnitt der Vegetation erfolgenden Produktwachstums abhängt.

Die Arbeitsergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Das Gesamtwachstum der Pflanze beruht auf der Tätigkeit des lebenden Systems.
2. Das Gesamtwachstum der Pflanze setzt sich aus den beiden Teilprozessen der Vermehrung des lebenden Systems (Systemwachstum) und der Anhäufung nicht aktiv in den Stoffwechsel eingreifender Produkte (Produktwachstum) zusammen.
3. Während der ersten Wachstumswochen zeigen die Pflanzen eine Periode vorherrschenden Systemwachstums.
4. Diese Periode wird durch Umsteuerung des Stoffwechsels von einem Zeitraum vorwiegender Produktbildung abgelöst. In ihrem Verlauf steigt das Produkt linear an.
5. Die Aminosäurezusammensetzung des lebenden Systems zeigt nur während der ersten Wachstumswochen leichte Veränderungen und bleibt dann bis zum Ende der Vegetation praktisch konstant.
6. Der Zeitpunkt der Umsteuerung des Stoffwechsels im Sinne eines vorwiegenden Produktwachstums kann durch eine Steigerung der Stickstoffgabe hinausgezögert werden.

7. Durch das exponentiell zur Zeit erfolgende Systemwachstum wird so die Produktionskapazität des Systems stark vermehrt. Daraus ergibt sich eine verstärkte Produktsynthese und ein höherer Endertrag.
8. Die tatsächlich vorhandenen Produktionsmöglichkeiten des Systems werden bei der hohen N-Gabe jedoch nur dann voll ausgeschöpft, wenn nicht andere Wachstumsfaktoren ins Minimum geraten.
9. Der Einfluß zeitlich gestaffelter N-Gaben konnte nicht festgestellt werden, weil die Vergleichsmöglichkeit zum Jahr 1968 durch andersartigen Witterungsverlauf stark eingeschränkt wurde.
10. Der Zeitpunkt der Umsteuerung des Stoffwechsels kann durch Variation der Vegetationstemperatur verändert werden.
11. Die Vegetationstemperatur von 12° C Tagestemperatur (1.bis 77.Tag) und 17° C (77.Tag bis Vegetationsende) verlängerte die Periode überwiegenden Systemwachstums gegenüber der Vegetationstemperatur von 17° C Tagestemperatur (1.bis 77.Tag) und 22° C (77.Tag bis Vegetationsende). Dadurch wurde ähnlich wie bei gesteigerten Stickstoffgaben die Produktionskapazität der Pflanzen erhöht und ein höherer Endertrag erzielt.
12. Die Vollreife verzögerte sich gegenüber der Variante mit höherer Vegetationstemperatur um 57 Tage.
13. Die Stoffwechselumsteuerung im Sinne überwiegender Produktproduktion wird nach Behandlung mit CCC geringfügig früher vollzogen als bei unbehandelten Pflanzen.
14. Die Produktsyntheseleistung CCC behandelter Pflanzen wird gegenüber unbehandelten Pflanzen leicht gesenkt.

15. Der Eiweißgehalt von Keimpflanzen, der zur Ermittlung des Umrechnungsfaktors von Reinprotein nach System herangezogen werden kann, ist bei den einzelnen Pflanzenarten unterschiedlich, so daß für jede Pflanze wegen einer gewissen Individualität der Zusammensetzung ihrer lebentragenden Zellstrukturen der Umrechnungsfaktor bestimmt werden muß.

VI. Literaturverzeichnis

- | | | |
|---------------------------------------|----------|---|
| ALLEWELDT, G. | 1962: | Die Wirkung von Temperatur und Photoperiode auf Wachstum, Entwicklung und Ertrag einiger Sommerweizensorten. Dissertation Gießen. |
| ALTEN, F., B. WANDROWSKI und E. HILLE | 1936: | Die Bestimmung des Nitrat-N in Pflanzensubstanz als Nitroxilenol. Z. Boden- und Pflanzenern. <u>1</u> , 340-348. |
| BALKS, R. und E. PLATE | 1954/55: | Untersuchungen über den Nitratgehalt von Futterpflanzen. Landwirtsch. Forschung <u>7</u> , 203-211. |
| BALKS, R. und I. REEKERS | 1954: | Zur Methodik der Nitratbestimmung in Pflanzensubstanz. Landwirtsch. Forschung <u>6</u> , 121-126. |
| BLOM, J. und C. TRESCHOW | 1929: | Eine neue Methode zur quantitativen Bestimmung kleinster Mengen von Nitraten in Boden und Pflanzen. Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk. <u>A 13</u> , 159-190. |
| BOGUSLAWSKI, E. v. und P. LILIBERG | 1960: | Phänologische und physiologische Daten zur Charakteristik der Produktivität unserer Kulturpflanzen. Z. Acker- und Pflanzenbau <u>111</u> , 1-22. |
| BOPP, M. | 1969: | Georg Klebs und die heutige Entwicklungsphysiologie. Naturwissenschaftliche Rundschau <u>22</u> , 97-101. |
| BRETTSCHNEIDER, H. | 1965: | Komplexwirkungen und Wechselwirkungen bei Hafer, dargestellt an Beispielen von Gefäßversuchen aus dem Phytotron. Vortrag DLG, Pflanzenzucht-Abteilung, Pfm, Nr. <u>9</u> , 20-29. |
| BRETTSCHNEIDER, H. | 1965: | Temperaturverlauf, Entwicklung, Wachstum und Ertragsbildung bei Hafer. Z. Acker- und Pflanzenbau <u>123</u> , 209-224. |

- BROCK, T. D. 1967: Life at high Temperature. Science 158, 1012-1018.
- BROWN, L. R. 1967: The World Outlook for Conventional Agriculture. Science 158, 604-610.
- BÜNNING, E. 1949: Physikalisch-chemische Grundlagen der biologischen Vorgänge. Fortschritte d. Botanik 12, 158-184.
- CREMER, H.-D. 1969: Aufgaben der Ernährungswissenschaft für eine gesicherte Zukunft der Menschheit? Naturwissenschaftliche Rundschau 22, 283-300.
- CRÜSSMANN, G. 1967: Standraum und Stoffproduktion bei Mais. Z. Acker- und Pflanzenbau 125, 232-253.
- DIJKSHOORN, W. 1958: Nitrate Accumulation, Nitrogen Balance and Cation-Anion Ratio during the Regrowth of Perennial Ryegrass. Netherl. Journ. of Agric. Science 6, 211-221.
- ENAYAT, R. 1959: Der Einfluß klimatischer Wachstumsfaktoren auf Entwicklung und Ertragsbildung verschiedener Herkünfte von Trifolium alexandrinum L. Dissertation Gießen.
- ENGEL, H. 1929: Beiträge zur Kenntnis des N-Umsatzes grüner Pflanzen. Planta 7, 133-164.
- FLORKIN, M. und H. STOTZ 1963: Comprehensive Biochemistry. Vol. 7, Proteins (Part I). Elsevier Publishing Company, Amsterdam, London, New York.
- GIESECKE, F. und F. WIENHUES 1943: Feldversuche über den Einfluß steigender und zeitlich gestaffelter N-Gaben auf den Ertrag und den Eiweißgehalt von Sommergerste und Winterroggen. Z. Bodenk. und Pflanzenern. 30, 306-316.

- | | | |
|-------------------------------------|-------|---|
| GIESECKE, F. und
K. SCHMALFUSS | 1942: | Über den Einfluß der Stickstoffdüngung auf den Kohlenhydrat- und Eiweißgehalt von Weidelgras. <i>Z. Bodenk. und Pflanzenern.</i> <u>26</u> , 195-197 |
| GORDON, W. G. und
J. J. BASCH | 1964: | Hydrolysis of Proteins for Amino Acid Analysis. II. Acid Hydrolysis in Sealed Tubes of Mixtures of β -Lactoglobulin and Starch. <i>Journ. AOAC</i> <u>47</u> , 745-747. |
| HEBER, U. W. und
K. A. SANTARIUS | 1964: | Loss of ATP Synthesis caused by Freezing and its Relationship to Frost Hardiness Problems. <i>Plant Physiol.</i> <u>39</u> , 712-719. |
| HÜBNER, R. und F.
WAGNER | 1960: | Anbauversuche mit Ölrettich (<i>Raphanus sativus</i>). <i>Z. Acker- und Pflanzenbau</i> <u>111</u> , 258-278. |
| KAPLAN, R. W. | 1968: | Molekularbiologische Probleme der Lebensentstehung. <i>Die Naturwissenschaften</i> <u>55</u> , 97-103. |
| KESSLER, E. | 1967: | Nitratreduktion. <i>Fortschritte der Botanik</i> <u>29</u> , 121-123. |
| KESSLER, E. | 1964: | Nitrate Assimilation by Plants. <i>Ann. Rev. of Plant Physiol.</i> <u>15</u> , 57-68. |
| KESSLER, E. | 1952: | Nitritbildung und Atmung bei der Nitratreduktion von Grünalgen. <i>Ztschr. f. Naturforschung</i> <u>7 b</u> , 280-284. |
| KÖNIG, F. | 1943: | Gefäßversuche über den Einfluß später N-Gaben auf den Korn- und Eiweißertrag bei Weizen und Gerste. <i>Z. Bodenk. und Pflanzenern.</i> <u>30</u> , 273-288. |
| KOPETZ, L. | 1951: | Die Bedeutung der Stickstoffdüngung. <i>Bodenkultur</i> <u>5</u> , 37-42. |
| LANGRIDGE, J. | 1963: | Biochemical Aspects of Temperature Response. <i>Ann. Rev. of Plant Physiol.</i> <u>14</u> , 441-462. |
| LEMMERMANN, O. | 1922: | Verhalten verschiedener Ge- |

- treidesorten gegenüber einer Stickstoffdüngung. Z. Pflanzenern. und Düngg. 1, 505-509.
- LEMMERMANN, O. und K. ECKL 1923: Versuche über das Verhalten von 8 Gerstensorten gegenüber einer verschieden starken N-Düngung. Z. Pflanzenern. und Düngg. 2, 265-272.
- LIMBACH, A. J. 1962: Das biologische Wachstum. Die Naturwissenschaften 49, 368-372.
- LIMBERG, P. 1958: Untersuchungen über den Einfluß der Aussaatzeit auf die Entwicklung und das vegetative Wachstum der Saatplatterbse. Z. Acker- und Pflanzenbau 106, 425-460.
- LIMBERG, P und R. ENAYAT 1960: Der Einfluß klimatischer Wachstumsfaktoren auf Entwicklung und Ertragsleistung verschiedener Herkünfte von Trifolium alexandrinum L. Z. Acker- und Pflanzenbau 111, 116-150.
- LINSER, H. 1956: Funktioneller Bau und Stoffwechsel des lebenden Systems. In: Grundlagen der Vitalchemie. Urban und Schwarzenberg Verlag, Wien, Band 5.
- LINSER, H. 1964: Vom biologischen Phänomen des Wachstums. Landwirtsch. Forschung Sonderh. 18, 48-62.
- LINSER, H. 1967: Das Wachstum lebender Systeme. Umschau in Wissenschaft und Technik 12, 381-387.
- LINSER, H. 1952: Das Problem des Todes. Hollinek Verlag, Wien.
- LINSER, H. 1969: Wachstum und Ertragsbildung. In: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung. Springer Verlag, Wien, Band 1.
- LINSER, H. 1954: Versuche mit hohen, geteilten Stickstoffgaben. Landwirtsch. Forschung 6, 105-113.

- LINSER, H. und K. KAINDL 1951: Versuch einer trefferstatistischen Deutung des Mitscherlichen Ertragsgesetzes. Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk. 53, 47-63.
- LINSER, H. und O. KIERMAIER 1958: Pflanzliche Formbildung, experimentell gesteuert. Naturw. Rundschau 11, 47-51.
- LINSER, H., H. KÜHN und A. KLINGST 1962: Die Beziehungen zwischen Nährstoffentzug und Ertrag bei steigenden Nährstoffgaben. Die Bodenkultur 13, 133-144.
- LINSER, H., G. LACH und L. TITZE 1968: Systemwachstum und Produktwachstum bei Weizen und Ölrettich. Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk. 121, 199-211.
- LINSER, H., H. MAYR und G. BODO 1961: Über die Wirkung von Chlorocholinchlorid auf Sommerweizen. Die Bodenkultur 12, 279-280.
- LINSER, H. und W. PELIKAN 1952: Stickstoffdüngung mit hohen, geteilten Gaben. I. Gefäßversuch. Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk. 58, 107-120.
- LINSER, H., G. RIEHLE und K. H. NEUMANN 1966: Untersuchungen über den Einfluß von Fe und Mo auf den Proteinstoffwechsel von Hafer in Abhängigkeit von der Entwicklung. Z. Acker- und Pflanzenbau 124, 269-282.
- MENGEL, K. und M. HELAL 1968: Der Einfluß einer variierten N- und K-Ernährung auf den Gehalt an löslichen Aminoverbindungen in der oberirdischen Pflanzensubstanz von Hafer. Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk. 120, 12-20.
- MICHAEL, G. 1949: Über die Eiweißstruktur und ihre Bedeutung für physiologische Prozesse. Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk. 47, 205-213.
- MICHAEL, G. 1935: Über die Beziehungen zwischen Chlorophyll- und Eiweißabbau im vergilbenden Laubblatt von *Tropaneolium*. Z. Botanik 29, 385-425.

- | | | |
|--------------------------|-------|--|
| MICHAEL, G. | 1943: | Über die Wirkung einer Stickstoffnachdüngung auf den N-Stoffwechsel grüner Blätter. Z.Bodenk.und Pflanzenern. <u>31</u> , 184-196. |
| MICHAEL, G. und B. BLUME | 1957: | Über den Gehalt einiger Futterpflanzen an basischen und sauren Aminosäuren in Abhängigkeit von der Schnittzeit und dem Entwicklungszustand.Archiv f.Tierern. <u>7</u> , 181-192. |
| MITTELBERGER, H. V. | 1944: | Zur Kenntnis des Eiweißhaushaltes alternder Tabakblätter bei verschiedener N-Ernährung der Pflanze.Z.Pflanzenern., Düngg.,Bodenk. <u>33</u> , 19-45. |
| MOTHES, K. | 1960: | Über das Altern von Blättern und die Möglichkeit ihrer Wiederverjüngung.Die Naturwissenschaften <u>47</u> , 337-351. |
| NEHRING, K. | 1938: | Über den Einfluß von Wasser und N-versorgung auf den Eiweißhaushalt verschiedener Gerstensorten.Z.Bodenk.und Pflanzenern. <u>9-10</u> , 395-457. |
| NEURATH, H. | 1963: | The Proteins.I.Composition, Structure and Function.Academic Press, New York and London. |
| NIENSTEDT, E. F. | 1966: | Zur Nitratfrage bei Futterpflanzen.Zeitschr.das Wirtschaftseigene Futter <u>4</u> , 337-345. |
| NIENSTEDT, E. F. | 1969: | Der Einfluß von Stickstoff auf die Entstehung von Inhaltsstoffen bei Grünhafer.Z.Acker- und Pflanzenbau <u>129</u> , 331-354. |
| NIOPEK, J. | 1965: | Die Wirkung von Stickstoff, Temperatur und H ₂ O auf Wachstum Entwicklung,Ertragsbildung bei Mais und Hirse.Z.Acker- und Pflanzenbau <u>121</u> , 315-333. |
| NIOPEK, J. | 1960: | Der Einfluß der Klimafaktoren Licht, Temperatur und Niederschlag auf Wachstum,Entwicklung |

- und Ertragsbildung bei Mais und Hirsearten. Dissertation Gießen.
- NÖSBERGER, J. und R. FESSLER 1968: Einfluß der Lichtintensität und der Stickstoffdüngung auf die Ertragsbildung und den Nitratgehalt von italienischem Raygras. Z. Schweizerische landwirtsch. Forschung 7, 310-323.
- OPITZ, K. 1948: Über den Klimafaktor Temperatur. Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk. 40, 101-113.
- OPITZ, K. 1940: Über die Steigerung der Eiweißbildung der Sommergerste durch N-Düngung. Z. Bodenk. und Pflanzenern. 17, 340-358.
- PAECH, K. und M. V. TRACLY 1955: Moderne Methoden der Pflanzenanalyse. Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, Band 4.
- PARLEVLIET, J. E. 1968: The influence of sowing date and germination temperature on yield of spinach and chevril. Netherl. Journ. of Agric. Science 16, 53-56.
- PIELEN, L. 1941: Versuche über den Einfluß zeitlich und mengenmäßig gestaffelter (zusätzlich später) Stickstoffgaben auf den Eiweißgehalt und Eiweißertrag von Sommerweizen, Sommergerste und Hafer. Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk. 24, 12-24.
- POPPOFF, I. D. 1943: Chemische Untersuchungen zur Frage der Bewertung von N-freien und N-haltigen Verbindungen bei der Futtermittelbeurteilung. Z. Bodenk. und Pflanzenern. 31, 85-117.
- RIEHLE, G. 1964: Einige Untersuchungen über den Einfluß der essentiellen Schwermetalle Fe, Mo und Cu auf die Ertragsbildung und den Proteinstoffwechsel von Hafer unter Berücksichtigung d. Entwicklung auf Hochmoorboden. Dissertation Gießen.

- | | | |
|--------------------------------|-------|--|
| SCHARRER, K. und W.
SEIBEL | 1956: | Über den Einfluß der Ernährung und Belichtung auf den Nitratgehalt von Futterpflanzen. Landwirtsch. Forschung <u>9</u> , 168-178. |
| SCHMITT, L. und W.
SCHINEIS | 1943: | Über den Einfluß von Wasser und N-Versorgung auf die Eiweißbildungsmöglichkeiten verschiedener Hafersorten. Z. Bodenk. und Pflanzenern. <u>30</u> , 231-249. |
| SCHRIMPF, K. | 1952: | Beobachtungen über den Entwicklungsrhythmus der Weizenformen dargestellt am Hohenheimer Sortiment. Z. Acker- und Pflanzenbau <u>94</u> , 480-529. |
| SCHROPP, W. und B.
AHRENZ | 1941: | Feldversuche über die Eiweißanreicherung des Getreides durch zusätzliche späte Stickstoffzufuhr. Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk. <u>24</u> , 24-34. |
| SCHWENDIMANN, F. | 1962: | Über die Temperatur als Umweltfaktor unserer Kulturpflanzen. Schweizerische Landwirtsch. Forschung <u>1</u> , 252-270. |
| SEIBEL, W. | 1955: | Über den Nitratgehalt in Futterpflanzen und seine Bedeutung unter besonderer Berücksichtigung der Phosphorsäuredüngung. Dissertation Gießen. |
| SELKE, W. | 1940: | Die Wirkung zusätzlicher später N-Gaben auf Ertrag und Qualität der Ernteprodukte. Z. Bodenkunde und Pflanzenern. <u>20</u> , 1-49. |
| SHAABAN, S. | 1968: | Der Einfluß gesteigerter Stickstoffgaben auf Ertrag und Futterwert von Grünmais. Z. Acker- und Pflanzenbau <u>128</u> , 221-238. |
| SKIRDE, W. | 1968: | Hafer als Hauptfruchtpflanze. Z. Acker- und Pflanzenbau <u>128</u> , 17-45. |
| TELLHEIM, E. | 1968: | Untersuchungen über den Nährstoffbedarf und -gehalt der |

- Luzerne in verschiedenen Entwicklungsstadien. Albrecht-Thaer-Archiv 12, 821-828.
- VIELEMEYER, H. P. und P. SEYFARTH 1965: Ein Beitrag zur Nitratbestimmung in Pflanzenmaterial und einige erste Ergebnisse. Albrecht-Thaer-Archiv, 813-822.
- WAGNER, J. 1957: Aminosäuregehalt einiger Futtermittel und deren biologische Bewertung (Beitrag zur EW-Analytik und Problematik der biolog. EW-Werte). Kühn Archiv 71, 2-73.
- WEIGERT, J. und F. FÜRST 1929: Über die Verwertung steigender N-Gaben durch verschiedene Sorten von Winterroggen. Z. Pflanzenern. und Düngg. 8, 161-202.
- WEIGERT, J. und F. FÜRST 1929: Über die Verwertung steigender N-Gaben durch verschiedene Sorten von Winterweizen. Z. Pflanzenern. und Düngg. 8, 265-304.
- WEIGERT, J. und F. FÜRST 1929: Über die Verwertung steigender N-Gaben durch verschiedene Sorten von Sommergerste. Z. Pflanzenern. und Düngg. 8, 369-412.
- WEIGERT, J. und H. SCHAEFFLER 1942: Über Ergebnisse von zweijährigen Feldversuchen über den Einfluß zusätzlicher später N-Düngung auf Ertrag und Qualität bei Sommerweizen, Sommergerste und Hafer. Z. Bodenk. und Pflanzenern. 26, 151-179.
- WENDT, F. W. 1953: The Effect of Temperature on Plant Growth. Ann. Rev. Plant Physiol. 4, 347-362.
- WENZEL, G. und G. MICHAEL 1966: Einfluß einer unterschiedlichen N-Düngung auf den Aminosäuregehalt von Spinatblättern. Z. Pflanzenern., Düngg., Bodenk. 115, 89-99.
- ZUBER, H. 1969: Das Leben bei höherer Temperatur. Naturwiss. Rundschau 22, 16-22.

Tabelle 1: Trockengewichte des Sommerweizens 1968 bei
Variante 1 = 0,6 g N je Gefäß

Ernte	Trockengew. in g / Pfl.	Zuwachs in mg / Tag
I.	0,01	
II.	0,02	2,60
III.	0,06	8,40
IV.	0,15	9,56
V.	0,23	16,00
VI.	0,32	15,00
VII.	0,45	18,57
VIII.	0,73	40,00
IX.	1,08	87,50
X.	1,70	103,33
XI.	2,00	60,00
XII.	2,41	58,57
XIII.	3,00	98,33
XIV.	3,19	63,33
XV.	3,25	15,00
Stroh+Spreu		- 7,14
XVI.	3,20	
XVII.	2,77	- 47,78
XVIII.	2,61	- 17,78
XIX.	2,46	- 30,00
XX.	2,20	- 20,00

Tabelle 2: Trockengewichte des Sommerweizens 1968 bei
Variante 2 = 1,2 g N je Gefäß

Ernte	Trockengew. in g / Pfl.	Zuwachs in mg / Tag
I.	0,01	2,00
II.	0,02	10,00
III.	0,07	7,78
IV.	0,14	20,00
V.	0,24	16,67
VI.	0,34	35,71
VII.	0,59	48,57
VIII.	0,93	122,50
IX.	1,42	121,67
X.	2,15	154,00
XI.	2,92	101,43
XII.	3,63	166,67
XIII.	4,63	156,67
XIV.	5,10	110,00
XV.	5,54	15,71
Stroh+Spreu		
XVI.	5,65	- 97,78
XVII.	4,77	- 25,56
XVIII.	4,54	- 48,00
XIX.	4,30	- 22,31
XX.	4,01	

Tabelle 3: Trockengewichte des Sommerweizens 1968 bei
Variante 3 = 1,8 g N je Gefäß

Ernte	Trockengew. in g / Pfl.	Zuwachs in mg / Tag
I.	0,01	2,60
II.	0,02	14,00
III.	0,09	7,78
IV.	0,16	18,00
V.	0,25	25,00
VI.	0,40	44,29
VII.	0,71	57,14
VIII.	1,11	182,50
IX.	1,84	173,33
X.	2,88	214,00
XI.	3,95	105,71
XII.	4,69	225,00
XIII.	6,04	163,33
XIV.	6,53	72,50
XV.	6,82	27,14
Stroh+Spreu		
XVI.	7,01	
XVII.	6,10	- 101,11
XVIII.	5,86	- 26,66
XIX.	5,34	- 104,00
XX.	5,28	- 4,62

Tabelle 4: Trockengewichte der Gesamtpflanze und der Körner des Sommerweizens 1968 bei Variante 1, 2, 3.
V a r i a n t e 1

Ernte	Gesamt - TS in g / Pfl.	Korn - TS in g / Pfl.
XVI.	3,62	0,43
XVII.	3,65	0,87
XVIII.	3,76	1,15
XIX.	3,69	1,24
XX.	3,50	1,30

V a r i a n t e 2

Ernte	Gesamt - TS in g / Pfl.	Korn - TS in g / Pfl.
XVI.	6,37	0,73
XVII.	6,44	1,67
XVIII.	6,84	2,30
XIX.	6,83	2,54
XX.	6,67	2,67

V a r i a n t e 3

Ernte	Gesamt - TS in g / Pfl.	Korn - TS in g / Pfl.
XVI.	7,87	0,87
XVII.	8,09	1,99
XVIII.	8,69	2,84
XIX.	8,48	3,14
XX.	8,77	3,49

Tabelle 5: Rohproteingehalte des Sommerweizens 1968 in
% der Trockensubstanz bei den drei Düngungs-
varianten

Ernte	0,6g N/Gef	1,2g N/Gef	1,8g N/Gef
I.	30,38	33,25	32,38
II.	30,81	30,00	30,19
III.	28,56	27,13	28,44
IV.	22,56	21,22	23,10
V.	17,88	20,04	21,66
VI.	15,19	18,29	22,56
VII.	18,75	21,44	22,75
VIII.	14,75	20,75	23,47
IX.	10,92	15,51	19,35
X.	7,22	10,85	12,60
XI.	5,75	8,66	10,85
XII.	4,70	6,63	8,75
XIII.	3,94	5,06	6,91
XIV.	3,60	4,97	5,94
XV.	3,50	4,31	5,94
Stroh+Spreu			
XVI.	2,41	3,38	3,75
XVII.	1,88	2,85	2,66
XVIII.	1,54	2,44	2,28
XIX.	1,19	1,69	1,54
XX.	1,38	1,60	1,50

Rohproteingehalte der Körner des Sommerweizens 1968
in % Rohprotein der Trockensubstanz bei den drei Dün-
gungsvarianten

Ernte	0,6g N/Gef.	1,2g N/Gef.	1,8g N/Gef.
XVI.	10,26	10,75	13,19
XVII.	8,13	9,63	11,47
XVIII.	7,16	8,10	10,63
XIX.	7,16	8,13	10,10
XX.	7,28	8,13	10,04

Tabelle 6: Rohproteingehalt des Sommerweizens 1968 in
mg Rohprotein je Pflanze bei den drei Dün-
gungsvarianten

Ernte	0,6g N/Gef	1,2g N/Gef	1,8g N/Gef
I.	2,73	3,33	2,27
II.	6,78	6,00	6,04
III.	18,28	18,99	25,60
IV.	33,84	29,77	37,01
V.	41,12	48,14	54,23
VI.	48,61	62,25	90,24
VII.	84,38	126,50	161,53
VIII.	107,68	192,98	260,85
IX.	118,80	220,10	356,59
X.	123,25	233,92	363,74
XI.	115,00	252,00	429,76
XII.	114,48	240,67	410,38
XIII.	118,20	234,28	419,18
XIV.	115,80	255,00	387,88
XV.	113,75	238,77	405,11
Stroh+Spreu			
XVI.	77,12	190,63	262,50
XVII.	52,45	135,95	161,73
XVIII.	40,19	110,78	133,61
XIX.	29,16	72,84	82,24
XX.	30,36	64,16	79,35

Rohproteingehalt der Körner des Sommerweizens 1968
in mg Rohprotein je Pflanze bei den drei Düngungs-
varianten

Ernte	0,6g N/Gef	1,2g N/Gef	1,8g N/Gef
XVI.	44,12	78,48	114,75
XVII.	56,03	160,82	228,25
XVIII.	82,34	186,30	301,89
XIX.	88,78	206,50	317,14
XX.	94,64	217,07	350,40

Tabelle 7: Reinproteingehalt des Sommerweizens 1968 in
% Reinprotein der Trockensubstanz bei den
drei Düngungsvarianten

Ernte	0,6g N/Gef	1,2g N/Gef	1,8g N/Gef
I.	25,75	27,31	27,94
II.	26,44	27,31	27,69
III.	23,63	25,56	25,75
IV.	19,19	21,28	23,10
V.	13,88	19,22	21,06
VI.	13,19	16,41	20,19
VII.	14,13	18,69	21,28
VIII.	12,31	18,75	19,47
IX.	8,97	14,16	16,22
X.	6,16	10,04	11,29
XI.	5,16	8,38	10,69
XII.	4,04	6,38	8,47
XIII.	3,41	5,07	6,47
XIV.	3,07	4,94	6,07
XV.	3,04	4,10	5,91
Stroh+Spreu			
XVI.	2,06	3,04	3,41
XVII.	1,78	2,35	2,25
XVIII.	1,19	1,75	2,06
XIX.	1,19	1,47	1,50
XX.	1,38	1,56	1,50

Reinproteingehalt der Körner des Sommerweizens 1968
in % Reinprotein der Trockensubstanz bei den drei
Düngungsvarianten

Ernte	0,6g N/Gef	1,2g N/Gef	1,8g N/Gef
XVI.	9,04	9,47	11,25
XVII.	7,19	8,41	10,57
XVIII.	6,75	7,63	10,01
XIX.	6,75	8,06	9,82
XX.	6,66	8,13	9,63

Tabelle 8: Reinproteingehalt des Sommerweizens 1968 in
mg Reinprotein je Pflanze bei den drei Dün-
gungsvarianten

Ernte	0,6g N/Gef	1,2g N/Gef	1,8g N/Gef
I.	2,32	2,72	1,96
II.	5,82	5,46	5,54
III.	15,12	17,89	23,18
IV.	28,79	29,79	36,96
V.	31,92	46,13	52,65
VI.	42,21	55,79	80,76
VII.	63,59	110,27	151,09
VIII.	89,86	174,38	216,12
IX.	96,88	201,07	298,45
X.	104,72	215,86	325,15
XI.	103,20	244,70	422,26
XII.	97,36	231,59	397,24
XIII.	102,30	234,74	390,79
XIV.	97,93	251,94	396,37
XV.	98,80	227,14	403,06
Stroh+Spreu			
XVI.	65,92	171,46	238,70
XVII.	49,66	112,10	136,80
XVIII.	31,06	79,45	120,72
XIX.	29,16	63,36	80,10
XX.	30,36	62,56	79,35

Reinproteingehalt der Körner des Sommerweizens 1968
in mg Reinprotein je Pflanze bei den drei Düngungs-
varianten

Ernte	0,6g N/Gef	1,2g N/Gef	1,8g N/Gef
XVI.	38,87	69,13	97,88
XVII.	62,55	140,45	210,34
XVIII.	77,63	175,49	284,28
XIX.	83,70	204,72	308,35
XX.	86,58	217,07	336,09

Tabelle 9: Nitratgehalt des Sommerweizens 1968 in
mg NO₃-N je Gramm Trockensubstanz bei
den drei Düngungsvarianten

Ernte	0,6g N/Gef	1,2g N/Gef	1,8g N/Gef
I.	4,00	3,85	2,64
II.	3,12	3,09	2,81
III.	2,21	3,07	3,00
IV.	0,29	0,75	0,63
V.	0,02	0,26	0,40
VI.	0,97	1,71	2,46
VII.	0,84	2,18	2,26
VIII.	0,07	1,07	3,10
IX.	0,05	0,32	1,81
X.	0,03	0,07	0,53
XI.	0,02	0,03	0,20
XII.	0,02	0,03	0,11
XIII.	0,02	0,01	0,02

Tabelle 10: Aminosäuregehalt des Sommerweizens 1968
in % der Gesamtaminosäuren des Reineiweißes
bei Variante 3 = 1,8 g N je Gefäß

Ernte							
AS	II.	III.	V.	VIII.	XII.	XVI.	XIX.
Lys	8,6	11,3	10,2	11,3	10,7	10,6	8,8
His	4,0	5,4	3,1	3,3	3,4	3,5	2,8
Arg	-	-	-	-	-	-	-
Asp	9,8	7,9	10,5	11,5	10,8	11,1	11,1
Thr	5,3	4,5	4,9	5,4	5,2	5,6	5,6
Ser	5,0	4,1	4,8	5,0	5,2	6,3	6,2
Glu	15,0	14,1	13,4	13,7	13,7	13,6	13,6
Pro	5,0	6,2	7,5	7,7	7,3	7,0	6,8
Gly	6,6	7,3	5,4	6,4	6,4	6,8	8,0
Ala	8,3	7,9	7,3	7,7	7,8	7,7	7,6
Cys	S	S	S	S	S	S	S
Val	6,0	6,6	6,5	6,3	6,7	5,2	6,6
Met	S	S	S	S	S	S	S
Iso	4,6	5,3	5,6	5,4	5,2	3,8	5,3
Leu	11,5	11,1	11,2	11,2	10,6	9,6	9,4
Tyr	3,6	2,4	3,7	1,9	2,3	3,6	2,7
Phe	6,8	5,9	6,7	4,0	5,1	5,8	6,3

Tabelle 11: Die Syntheseleistung des Systems des Sommerweizens 1968 für System und Produkt in % der vorhandenen Systemmenge je Pflanze bei Variante 1 = 0,6 g N /Gefäß

Ernte	mg System pro Pfl.	mg System zuw./Tag	%Protein- synthese- leistung	mg Pro- duktzuw. pro Tag	%Produkt- synthese- leistung
I.	7,66	2,31	30,2	0,29	3,8
II.	19,21	6,12	31,9	2,28	11,9
III.	49,90	5,01	10,0	4,55	9,1
IV.	95,01	2,07	2,2	13,93	14,7
V.	105,34	5,66	5,4	9,34	8,9
VI.	139,29	10,09	7,2	8,48	6,1
VII.	209,85	12,53	6,0	27,47	13,1
VIII.	296,54	5,79	2,0	81,71	27,6
IX.	319,70	4,31	1,3	99,02	31,0
X.	345,58	- 1,00	- 0,3	61,00	17,7
XI.	340,56	- 2,95	- 0,9	61,52	18,1
XII.	321,29	2,72	0,8	95,61	29,8
XIII.	337,59	- 4,81	- 1,4	68,14	20,2
XIV.	323,17	0,72	0,2	14,28	4,4
XV.	326,04	- 15,50	- 4,8	8,36	2,6
Stroh					
XVI.	217,54	- 5,96	- 2,7	-41,82	- 19,2
XVII.	163,88	- 6,82	- 4,2	-10,96	- 6,7
XVIII.	102,50	- 1,25	- 1,2	-28,75	- 28,1
XIX.	96,23	0,31	0,3	-20,31	- 21,1
XX.	100,19				

Tabelle 12: Die Syntheseleistung des Systems des Sommerweizens 1968 für System und Produkt in % der vorhandenen Systemmenge je Pflanze bei Variante 2 = 1,2 g N /Gefäß

Ernte	mg System pro Pfl.	mg System zuw./Tag	%Protein- synthese- leistung	mg Pro- duktzuw. pro Tag	%Produkt- synthese- leistung
I.	9,01				
II.	18,02	1,80	19,9	0,20	2,2
III.	59,04	8,20	45,5	1,80	10,0
IV.	98,31	4,37	7,4	3,41	5,8
V.	152,23	10,78	11,0	9,22	9,4
VI.	184,11	5,31	3,5	11,36	7,5
VII.	363,89	25,68	13,9	10,03	5,4
VIII.	575,45	30,22	8,3	18,35	5,0
IX.	663,53	22,02	3,8	100,48	17,5
X.	712,34	8,14	1,2	112,53	17,1
XI.	807,51	19,03	2,7	134,97	18,9
XII.	764,25	6,18	0,8	101,61	13,4
XIII.	774,64	1,73	0,2	164,94	21,6
XIV.	831,40	18,92	2,4	137,75	17,8
XV.	749,56	20,92	2,5	130,92	15,7
Stroh		26,25	3,5	41,96	5,6
XVI.	565,82	21,77	3,9	76,01	13,4
XVII.	369,93	11,97	3,2	13,59	3,7
XVIII.	262,19	10,62	4,1	38,38	14,6
XIX.	209,09	0,20	0,1	22,11	10,6
XX.	206,45				

Tabelle 13: Die Syntheseleistung des Systems des Sommerweizens 1968 für System und Produkt in % der vorhandenen Systemmenge je Pflanze bei Variante 3 = 1,8 g N / Gefäß

Ernte	mg System pro Pfl.	mg System zuw./Tag	%Protein- synthese- leistung	mg Pro- duktzuw. pro Tag	%Produkt- synthese- leistung
I.	6,47				
II.	18,28	2,36	36,5	0,24	3,7
III.	76,49	11,64	63,7	2,36	12,9
IV.	121,97	5,05	6,6	2,73	3,6
V.	173,75	10,36	8,5	7,64	6,3
VI.	266,51	15,46	8,9	9,54	5,5
VII.	498,60	33,01	12,4	11,28	4,2
VIII.	713,20	30,66	6,2	26,48	5,3
IX.	984,89	67,92	9,5	114,58	16,1
X.	1073,00	14,69	1,5	158,64	16,1
XI.	1393,46	64,09	6,0	149,91	14,0
XII.	1310,89	- 10,37	- 0,7	116,08	8,3
XIII.	1289,61	- 3,55	- 0,3	228,55	17,4
XIV.	1308,02	6,14	0,5	157,19	12,2
XV.	1330,10	5,52	0,4	66,98	5,1
Stroh		- 77,48	- 5,8	114,62	7,9
XVI.	787,71				
XVII.	451,44	- 37,36	- 4,7	- 63,75	- 8,1
XVIII.	398,38	- 5,9	- 1,3	- 20,76	- 4,6
XIX.	264,33	- 26,81	- 6,7	- 77,19	-19,4
XX.	261,86	- 0,19	- 0,1	- 4,43	- 1,7

Tabelle 14: Trockengewichte des Sommerweizens 1969 bei
Variante 1 = 0,4 g N zur Saat und 1,4 g N
in gestaffelten Gaben

Ernte	Trockengew. in g / Pfl.	Zuwachs in mg / Tag
I.	0,01	
II.	0,03	2,86
III.	0,06	4,29
IV.	0,17	15,71
V.	0,40	32,86
VI.	1,09	86,25
VII.	2,27	118,00
VIII.	2,70	86,00
IX.	5,34	176,00
X.	6,00	82,50
		- 7,14
Stroh+Sprenu		
XI.	5,90	
XII.	5,14	- 108,57
XIII.	4,92	- 20,00

Trockengewichte der Gesamtpflanze und der Körner des Sommerweizens 1969 bei Variante 1

Ernte	Gesamt- TS in g / Pfl.	Korn- TS in g / Pfl.
XI.	7,68	1,78
XII.	7,90	2,76
XIII.	7,79	2,88

Tabelle 15: Trockengewichte des Sommerweizens 1969 bei
Variante 2 = 1,8 g N zu Saat

Ernte	Trockengew. in g / Pfl.	Zuwachs in mg / Tag
I.	0,01	2,86
II.	0,03	5,71
III.	0,07	20,00
IV.	0,21	40,00
V.	0,49	87,50
VI.	1,19	119,00
VII.	2,38	84,00
VIII.	2,80	164,00
IX.	5,26	78,75
X.	5,89	- 54,29
Stroh+Spreu		
XI.	5,13	- 58,57
XII.	4,72	- 9,09
XIII.	4,62	

Trockengewichte der Gesamtpflanze und der Körner des Sommerweizens 1969 bei Variante 2

Ernte	Gesamt - TS in g / Pfl.	Korn - TS in g / Pfl.
XI.	7,18	2,06
XII.	7,53	2,81
XIII.	7,43	2,81

Tabelle 16: Trockengewichte des Sommerweizens 1969 bei Variante 3 = 1,8 g N zur Saat und Nährstoffauswaschung

Ernte	Trockengew. in g / Pfl.	Zuwachs in mg / Tag
I.	0,01	2,86
II.	0,03	5,71
III.	0,07	20,00
IV.	0,21	47,14
V.	0,54	86,25
VI.	1,23	77,00
VII.	2,10	44,00
VIII.	2,32	89,33
IX.	3,66	66,25
X.	4,19	- 52,14
Str oh+Spreu		
XI.	3,46	- 27,14
XII.	3,27	6,36
XIII.	3,34	

Trockengewichte der Gesamtpflanze und der Körner des Sommerweizens 1969 bei Variante 3

Ernte	Gesamt - TS in g / Pfl.	Korn - TS in g / Pfl.
XI.	4,58	1,12
XII.	4,84	1,57
XIII.	5,00	1,66

Tabelle 17: Rohproteingehalt des Sommerweizens 1969 in
% Rohprotein der Trockensubstanz bei den
drei Düngungsvarianten

Ernte	Variante 1	Variante 2	Variante 3
I.	36,06	39,19	39,13
II.	35,31	38,31	38,56
III.	37,06	39,19	37,94
IV.	32,50	29,25	28,50
V.	29,69	28,63	24,66
VI.	24,66	23,63	12,25
VII.	15,48	18,20	8,29
VIII.	12,60	14,47	7,10
IX.	7,41	8,44	4,41
X.	5,47	6,85	3,47
Stroh+Sprenu			
XI.	3,13	3,69	2,06
XII.	2,38	2,57	1,78
XIII.	2,16	2,51	1,31
Körner			
XI.	11,50	11,50	8,85
XII.	11,38	11,25	8,44
XIII.	11,82	11,94	9,32

Tabelle 18: Rohproteingehalt des Sommerweizens 1969 in
mg Rohprotein je Pflanze bei den drei Dün-
gungsvarianten

Ernte	Variante 1	Variante 2	Variante 3
I.	3,61	3,92	3,91
II.	10,59	11,49	11,57
III.	22,24	27,43	26,56
IV.	55,25	61,43	59,85
V.	118,76	140,29	133,16
VI.	268,79	281,20	150,31
VII.	351,40	433,16	174,09
VIII.	340,20	405,16	164,72
IX.	395,69	443,94	161,41
X.	328,20	403,47	145,39
Stroh+Spreu			
XI.	184,67	189,30	71,28
XII.	122,33	121,30	58,21
XIII.	106,27	115,96	43,75
Körner			
XI.	204,70	236,90	99,12
XII.	314,09	316,13	132,51
XIII.	340,42	335,51	154,71

Tabelle 19: Reinproteingehalt des Sommerweizens 1969 in
% Reinprotein der Trockensubstanz bei den
drei Düngungsvarianten

Ernte	Variante 1	Variante 2	Variante 3
I.	28,94	31,31	32,25
II.	28,63	32,50	33,06
III.	29,69	32,94	33,38
IV.	26,63	25,56	24,25
V.	24,69	23,51	21,47
VI.	21,75	19,88	11,44
VII.	13,22	15,35	7,31
VIII.	10,47	11,22	6,10
IX.	6,57	7,44	4,38
X.	5,32	6,10	3,25
Stroh+Sprenu			
XI.	3,10	3,38	1,94
XII.	2,25	2,51	1,78
XIII.	1,94	2,19	1,31
Körner			
XI.	10,29	10,78	8,16
XII.	10,97	10,94	8,38
XIII.	11,63	11,50	8,88

Tabelle 20: Reinproteingehalt des Sommerweizens 1969 in
mg Reinprotein je Pflanze bei den drei Dün-
gungsvarianten

Ernte	Variante 1	Variante 2	Variante 3
I.	2,89	3,13	3,23
II.	8,59	9,75	9,92
III.	17,81	23,06	23,37
IV.	45,27	53,68	50,93
V.	98,76	115,20	115,94
VI.	237,08	236,57	140,71
VII.	300,09	365,33	153,51
VIII.	282,69	314,16	141,52
IX.	350,84	391,34	160,31
X.	319,20	359,29	136,18
Stroh+Sprenu			
XI.	182,90	173,39	67,12
XII.	115,65	118,47	58,21
XIII.	95,45	101,18	43,75
Körner			
XI.	183,16	222,07	91,39
XII.	302,77	307,41	131,57
XIII.	334,94	323,15	147,41

Tabelle 21: Die Syntheseleistung des Systems des Sommerweizens 1969 für System und Produkt in % der vorhandenen Systemmenge je Pflanze bei Variante 1

Ernte	mg System pro Pfl.	mg System zuw./Tag	%Protein- synthese- leistung	mg Pro- duktzuw. pro Tag	%Produkt- synthese- leistung
I.	9,54				
		2,69	28,2	0,17	1,8
II.	28,35				
		4,35	15,3	- 0,06	- 0,2
III.	58,77				
		12,95	22,0	2,76	4,7
IV.	149,39				
		25,22	16,9	7,64	5,1
V.	325,91				
		57,06	17,5	29,19	9,0
VI.	782,36				
		20,79	2,7	97,21	12,4
VII.	990,30				
		-11,48	- 1,2	97,48	9,8
VIII.	932,88				
		14,99	1,6	161,01	17,3
IX.	1157,77				
		-13,05	- 1,1	95,55	8,3
X.	1053,36				
		-32,13	- 3,1	24,99	2,4
Stroh					
XI.	603,57				
		-31,70	- 5,3	-76,87	-12,7
XII.	381,65				
		- 6,06	- 1,6	-13,94	- 3,7
XIII.	314,99				

Tabelle 22: Die Syntheseleistung des Systems des Sommerweizens 1969 für System und Produkt in % der vorhandenen Systemmenge je Pflanze bei Variante 2

Ernte	mg System pro Pfl.	mg System zuw./Tag	%Protein- synthese- leistung	mg Pro- duktzuw. pro Tag	%Produkt- synthese- leistung
I.	10,33				
		3,12	30,2	- 0,26	- 2,5
II.	32,18				
		6,28	19,5	- 0,57	- 1,8
III.	76,10				
		14,43	19,0	5,57	7,3
IV.	177,14				
		29,00	16,4	11,00	6,2
V.	380,16				
		50,07	13,2	37,43	9,8
VI.	780,68				
		42,49	5,4	76,51	9,8
VII.	1205,59				
		-33,77	- 2,8	117,77	9,8
VIII.	1036,73				
		16,98	1,6	147,02	14,2
IX.	1291,42				
		-13,22	- 1,0	91,97	7,1
X.	1185,66				
		-43,82	- 3,7	-10,47	- 0,9
Stroh					
XI.	572,19				
		-25,89	- 4,5	-32,68	- 5,7
XII.	390,95				
		- 5,19	- 1,1	- 3,90	- 1,0
XIII.	333,89				

Tabelle 23: Die Syntheseleistung des Systems des Sommerweizens 1969 für System und Produkt in % der vorhandenen Systemmenge je Pflanze bei Variante 3

Ernte	mg System pro Pfl.	mg System zuw./Tag	%Protein- synthese- leistung	mg Pro- duktzuw. pro Tag	%Produkt- synthese- leistung
I.	10,66				
		3,15	29,5	- 0,29	- 2,7
II.	32,74				
		6,34	19,4	- 0,63	- 1,9
III.	77,12				
		12,99	16,8	7,01	9,1
IV.	168,07				
		30,65	18,2	16,49	9,8
V.	382,60				
		10,22	2,7	76,03	19,9
VI.	464,34				
		4,22	0,9	72,78	15,7
VII.	506,58				
		- 7,91	- 1,6	51,91	10,2
VIII.	467,02				
		4,14	0,9	85,20	18,2
IX.	529,03				
		-11,76	- 2,2	78,01	14,8
X.	434,94				
		-15,25	- 3,5	- 36,89	- 8,5
Stroh					
XI.	221,50				
		- 4,20	- 1,9	- 22,94	- 10,4
XII.	192,09				
		- 4,34	- 2,3	10,70	5,6
XIII.	144,38				

Tabelle 24: Wuchshöhe und Wachstumsgeschwindigkeit in
Abhängigkeit von der Temperatur bei Som-
merweizen 1969 in Rauisch - Holzhausen

Ernte	Wuchshöhe in cm/Pfl.		Zuwachs in cm/Tag	
	kalt	warm	kalt	warm
I.	15,50	17,50	0,64	2,50
II.	20,00	35,00	1,43	2,14
III.	30,00	50,00	1,29	1,71
IV.	39,00	62,00	1,00	1,14
V.	46,00	70,00	1,00	1,00
VI.	60,00	84,00	2,00	2,60
VII.	80,00	110,00	1,67	0,83
VIII.	100,00	120,00	0,63	0,00
IX.	115,00	120,00	0,00	0,00
X.	115,00	120,00	0,00	0,00
XI.	115,00	120,00		

Tabelle 25: Trockengewichte des Sommerweizens 1969 in
Rauisch - Holzhausen bei den Pflanzen der
kalten Kammer

Ernte	Trockengew. in g / Pfl.	Zuwachs in mg / Tag
I.	0,02	1,43
II.	0,03	4,29
III.	0,06	8,57
IV.	0,12	14,29
V.	0,22	29,29
VI.	0,63	54,00
VII.	1,17	112,50
VIII.	2,52	63,75
IX.	3,03	139,09
X.	4,56	148,00
XI.	6,04	21,82
Stroh+Sprenu		
XII.	6,28	- 19,33
XIII.	5,99	- 2,46
XIV.	4,85	

Trockengewichte der Gesamtpflanze und der Kör-
ner des Sommerweizens 1969, kalte Kammer

Ernte	Gesamt - TS in g / Pfl.	Korn - TS in g / Pfl.
XII.	6,66	0,38
XIII.	7,76	1,77
XIV.	8,82	3,97

Tabelle 26: Trockengewichte des Sommerweizens 1969 in
Rauisch - Holzhausen bei den Pflanzen der
warmen Kammer

Ernte	Trockengew. in g / Pfl.	Zuwachs in mg / Tag
I.	0,02	4,29
II.	0,05	8,57
III.	0,11	15,71
IV.	0,22	31,43
V.	0,44	37,14
VI.	0,96	70,00
VII.	1,66	66,67
VIII.	2,46	73,75
IX.	3,05	- 49,09
Stroh+Sprenu		
X.	2,51	- 14,00
XI.	2,37	10,91
XII.	2,49	- 4,67
XIII.	2,42	

Trockengewichte der Gesamtpflanze und der Kör-
ner des Sommerweizens 1969 , warme Kammer

Ernte	Gesamt - TS in g / Pfl.	Korn - TS in g / Pfl.
X.	3,47	0,96
XI.	3,76	1,39
XII.	4,11	1,62
XIII.	4,08	1,66

Tabelle 27: Rohproteingehalt des Sommerweizens 1969 in
Rauisch - Holzhausen in % Rohprotein der
Trockensubstanz bei den Pflanzen der kal-
ten und der warmen Kammer

Ernte	kalt	warm
I.	40,69	39,00
II.	38,56	39,63
III.	35,06	32,06
IV.	33,81	28,94
V.	31,31	26,06
VI.	26,44	20,13
VII.	21,56	15,38
VIII.	14,50	11,69
IX.	12,44	9,31
		Stroh+Spreu
X.	10,81	7,81
XI.	8,75	6,06
	Stroh+Spreu	
XII.	6,38	4,25
XIII.	4,31	3,69
XIV.	2,50	
<u>Körner</u>		
X.		16,25
XI.		18,00
XII.	16,38	19,06
XIII.	12,44	17,69
XIV.	12,75	

Tabelle 28: Reinproteingehalt des Sommerweizens 1969 in
Rauisch - Holzhausen in % Reinprotein der
Trockensubstanz bei den Pflanzen der kal-
ten und der warmen Kammer

Ernte	kalt	warm
I.	32,44	31,81
II.	32,63	33,13
III.	29,69	25,56
IV.	28,81	23,19
V.	26,19	19,94
VI.	21,44	15,81
VII.	17,69	12,63
VIII.	13,69	9,63
IX.	9,88	7,75
		Stroh+Spreu
X.	8,69	6,06
XI.	7,19	4,69
	Stroh+Spreu	
XII.	5,63	3,44
XIII.	3,81	3,13
XIV.	2,00	
<u>Körner</u>		
X.		13,44
XI.		18,00
XII.	11,94	18,50
XIII.	11,81	17,19
XIV.	12,38	

Tabelle 29: Rohproteingehalt des Sommerweizens 1969 in
Rauisch - Holzhausen in mg Rohprotein je
Pflanze bei den Pflanzen der kalten und
der warmen Kammer

Ernte	kalt	warm
I.	8,14	7,80
II.	11,57	18,32
III.	21,04	35,27
IV.	40,57	63,67
V.	68,88	114,66
VI.	166,57	193,25
VII.	252,25	255,31
VIII.	365,40	287,57
IX.	376,93	283,96
		Stroh+Sprenu
X.	492,94	196,03
XI.	528,50	143,62
	Stroh+Sprenu	
XII.	400,66	105,83
XIII.	258,17	89,30
XIV.	121,25	
<u>Körner</u>		
X.		156,00
XI.		256,32
XII.	62,24	308,77
XIII.	220,19	293,65
XIV.	506,18	

Tabelle 30: Reinproteingehalt des Sommerweizens 1969 in
Rauisch - Holzhausen in mg Reinprotein je
Pflanze bei den Pflanzen der kalten und
der warmen Kammer

Ernte	kalt	warm
I.	6,59	6,36
II.	9,79	16,57
III.	17,81	28,12
IV.	34,57	51,02
V.	57,62	87,74
VI.	135,07	151,78
VII.	206,97	209,66
VIII.	344,99	236,90
IX.	299,36	236,90
		Stroh+Spreu
X.	396,26	152,11
XI.	434,28	111,15
	Stroh+Spreu	
XII.	353,56	85,66
XIII.	228,22	75,75
XIV.	97,00	
<u>Körner</u>		
X.		129,02
XI.		250,20
XII.	45,37	299,70
XIII.	209,04	285,35
XIV.	491,49	

Tabelle 31: Die Syntheseleistung des Systems des Sommerweizens 1969 in Rauisch - Holzhausen für System und Produkt in % der vorhandenen Systemmenge je Pflanze , kalte Kammer

Ernte	mg System pro Pfl.	mg System zuw./Tag	%Protein- synthese- leistung	mg Pro- duktzuw. pro Tag	%Produkt- synthese- leistung
I.	21,75				
		1,51	6,9	- 0,08	- 0,4
II.	32,31				
		3,64	11,3	0,65	2,0
III.	58,77				
		7,90	13,4	0,67	1,1
IV.	114,08				
		10,89	9,5	3,40	3,0
V.	190,15				
		18,26	9,6	11,03	5,8
VI.	445,73				
		23,73	5,3	30,27	6,8
VII.	683,00				
		37,96	5,6	74,54	10,9
VIII.	1138,47				
		-18,82	- 1,7	82,45	7,2
IX.	987,89				
		29,07	2,9	110,04	11,1
X.	1307,66				
		12,55	1,0	135,45	10,4
XI.	1433,12				
		-24,22	- 1,7	46,04	3,2
Stroh					
XII.	1166,75				
		-27,58	- 2,4	8,25	0,8
XIII.	753,13				
		- 7,60	- 1,0	4,14	0,6
XIV.	320,10				

Tabelle 32: Die Syntheseleistung des Systems des Sommerweizens 1969 in Rauisch - Holzhausen für System und Produkt in % der vorhandenen Systemmenge je Pflanze , warme Kammer

Ernte	mg System pro Pfl.	mg System zuw./Tag	%Protein- synthese- leistung	mg Pro- duktzuw. pro Tag	%Produkt- synthese- leistung
I.	20,99				
		4,81	22,9	- 0,52	- 2,5
II.	54,68				
		5,45	10,0	3,12	5,7
III.	92,80				
		10,80	11,6	4,91	5,3
IV.	168,37				
		17,17	10,2	14,26	8,5
V.	288,55				
		15,17	5,3	14,83	5,1
VI.	500,87				
		19,10	3,3	50,90	10,2
VII.	691,88				
		7,49	1,1	59,18	8,6
VIII.	781,77				
		- 0,22	0,0	73,97	9,5
IX.	780,05				
		-25,28	- 3,2	- 23,81	- 3,1
Stroh					
X.	501,96				
		-13,52	- 2,6	- 0,48	- 0,1
XI.	366,80				
		- 7,65	- 2,1	18,56	5,1
XII.	282,68				
		- 2,18	- 0,8	- 2,49	- 0,9
XIII.	249,98				

Tabelle 33: Wachstumsbeobachtungen, Frischgewichte und Trockengewichte des Sommerweizens 1968

Variante 1 = ohne CCC

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.	TS in g/Pfl.
I.	Keimbl.und 1.Blatt	0,08	0,01
II.	2.Blatt	0,38	0,05
III.	3.Blatt angelegt	0,76	0,10
IV.	4.Blatt.Pfl.Höhe 28 cm	1,53	0,19
V.	5.Blatt	4,05	0,45
VI.	6.Blatt	7,17	0,89
VII.	Pfl.Höhe 57 cm	8,04	0,93
VIII.	7.Blatt	9,75	1,45
IX.		10,35	1,83

Variante 2 = mit CCC

Ernte	Wachstumsbeobachtungen	FS in g/Pfl.	TS in g/Pfl.
I.	Keimbl.und 1.Blatt	0,08	0,01
II.	2.Blatt.Pfl.klein	0,39	0,05
III.	3.Blatt	0,73	0,09
IV.	4.Blatt.Pfl.Höhe 18 cm	1,33	0,17
V.	5.Blatt.3.Blatt gewellt	3,95	0,46
VI.	6.Blatt.Mehltaubefall	6,28	0,75
VII.	Pfl.Höhe 29 cm	7,36	0,86
VIII.	7.Blatt	8,16	1,28
IX.		9,02	1,57

Abbildung 34: Relativer Roh- und Reinproteingehalt
des Sommerweizens 1968

Variante 1 = ohne CCC

Ernte	% Rohprotein der TS	% Reinprotein der TS
I.	37,06	27,75
II.	37,06	27,31
III.	35,13	26,75
IV.	32,69	25,00
V.	27,50	21,25
VI.	21,81	17,13
VII.	20,25	15,50
VIII.	15,25	12,69
IX.	12,81	10,94

Variante 2 = mit CCC

Ernte	% Rohprotein der TS	% Reinprotein der TS
I.	38,56	28,50
II.	36,81	28,63
III.	35,50	28,38
IV.	35,00	27,75
V.	29,63	23,81
VI.	26,00	20,56
VII.	24,25	19,06
VIII.	18,00	15,19
IX.	15,25	12,13

Tabelle 35: Die Syntheseleistung des Systems des Sommerweizens 1968 für System und Produkt in % der vorhandenen Systemmenge je Pflanze

Variante 1 = ohne CCC

Ernte	mg System pro Pfl.	mg System zuw./Tag	%Protein- synthese- leistung	mg Pro- duktzuw. pro Tag	%Produkt- synthese- leistung
I.	9,08				
II.	45,08	6,00	66,1	0,67	7,4
III.	88,28	14,40	31,9	2,27	5,0
IV.	156,75	17,12	19,4	5,38	6,1
V.	315,58	22,69	14,5	14,45	9,2
VI.	503,12	31,26	18,0	42,07	13,3
VII.	475,70	-13,71	- 2,7	33,71	6,7
VIII.	607,23	26,31	5,5	77,69	16,3
IX.	660,66	13,36	2,2	81,64	13,4

Variante 2 = mit CCC

Ernte	mg System pro Pfl.	mg System zuw./Tag	%Protein- synthese- leistung	mg Pro- duktzuw. pro Tag	%Produkt- synthese- leistung
I.	9,41				
II.	47,26	6,31	67,1	0,36	3,8
III.	84,28	12,34	26,1	0,99	2,1
IV.	155,69	17,85	21,2	2,15	2,6
V.	361,45	29,39	18,9	12,04	7,7
VI.	508,86	24,57	6,8	23,76	6,6
VII.	540,94	16,04	3,2	38,96	7,7
VIII.	641,62	20,14	3,7	63,86	11,8
IX.	628,45	- 3,29	- 0,5	75,79	11,8

Tabelle 35: Roh- und Reinproteingehalt verschiedener Pflanzen zu Beginn der Vegetation in % der Trockensubstanz

B o h n e

(I. Ernte 15 Tage nach Saat)

Ernte	Datum	% Rohprotein der TS	% Reinprotein der TS
I.	17.4.68	42,7	27,7
II.	19.4.68	44,1	32,2
III.	23.4.68	36,4	28,8
IV.	26.4.68	39,0	30,3
V.	2.5.68	26,8	26,3

G e r s t e

(I. Ernte 11 Tage nach Saat)

Ernte	Datum	% Rohprotein der TS	% Reinprotein der TS
I.	13.4.68	41,3	26,9
II.	17.4.68	40,6	30,1
III.	19.4.68	34,2	27,1
IV.	23.4.68	32,6	26,2
V.	26.4.68	38,6	29,3

E r b s e

(I. Ernte 15 Tage nach Saat)

Ernte	Datum	% Rohprotein der TS	% Reinprotein der TS
I.	17.4.68	49,5	31,3
II.	19.4.68	46,3	32,9
III.	23.4.68	34,7	27,4
IV.	26.4.68	36,8	29,7
V.	2.5.68	25,3	20,4

S p i n a t

(I. Ernte 15 Tage nach Saat)

Ernte	Datum	% Rohprotein der TS	% Reinprotein der TS
I.	17.4.68	31,9	26,9
II.	19.4.68	31,4	27,4
III.	23.4.68	28,8	25,8
IV.	26.4.68	33,1	28,3
V.	2.5.68	24,6	21,6

H a f e r

(I. Ernte 9 Tage nach Saat)

Ernte	Datum	% Rohprotein der TS	% Reinprotein der TS
I.	26.4.68	40,3	26,9
II.	2.5.68	27,1	25,3
III.	7.5.68	29,4	23,4
IV.	13.5.68	26,9	21,9
V.	16.5.68	21,3	17,7

S o n n e n b l u m e

(I. Ernte 7 Tage nach Saat)

Ernte	Datum	% Rohprotein der TS	% Reinprotein der TS
I.	3.5.68	25,6	18,9
II.	7.5.68	31,3	18,7
III.	10.5.68	28,1	19,3
IV.	13.5.68	28,1	18,7
V.	16.5.68	28,4	19,1

T o m a t e

(I. Ernte 12 Tage nach Saat)

Ernte	Datum	% Rohprotein der TS	% Reinprotein der TS
I.	8.5.68	37,3	26,1
II.	13.5.68	28,2	20,6
III.	17.5.68	26,8	23,1
IV.	22.5.68	25,1	20,8
V.	27.5.68	22,2	19,9

M a i s

(I. Ernte 9 Tage nach Saat)

Ernte	Datum	% Rohprotein der TS	% Reinprotein der TS
I.	17.5.68	33,8	22,8
II.	20.5.68	32,5	22,6
III.	22.5.68	33,8	22,8
IV.	27.5.68	31,5	22,8

Z u c k e r r ü b e

(I. Ernte 14 Tage nach Saat)

Ernte	Datum	% Rohprotein der TS	% Reinprotein der TS
I.	22.5.68	30,3	24,1
II.	27.5.68	28,1	23,2
III.	31.5.68	28,6	23,2
IV.	4.6.68	27,6	22,0
V.	7.6.68	25,6	21,0

R a p s

(I. Ernte 9 Tage nach Saat)

Ernte	Datum	% Rohprotein der TS	% Reinprotein der TS
I.	22.5.68	34,1	27,7
II.	27.5.68	36,9	27,5
III.	31.5.68	32,5	25,3
IV.	4.6.68	33,3	24,1
V.	7.6.68	30,6	21,9

U n t e r k o h l r a b e n

(I. Ernte 15 Tage nach Saat)

Ernte	Datum	% Rohprotein der TS	% Reinprotein Der TS
I.	28.5.68	32,4	24,4
II.	31.5.68	33,3	25,3
III.	4.6.68	32,1	24,7
IV.	10.6.68	32,1	22,6
V.	12.6.68	29,6	21,4

B o r r e t s c h

(I. Ernte 11 Tage nach Saat)

Ernte	Datum	% Rohprotein der TS	% Reinprotein der TS
I.	18.6.68	29,4	23,2
II.	21.6.68	29,9	24,9
III.	26.6.68	30,6	25,6
IV.	1.7.68	26,6	21,0
V.	5.7.68	25,8	21,0

G u r k e

(I. Ernte 14 Tage nach Saat)

Ernte	Datum	% Rohprotein der TS	% Reinprotein der TS
I.	21.6.68	33,9	26,2
II.	24.6.68	33,5	24,4
III.	27.6.68	28,3	23,2
IV.	1.7.68	28,0	22,8
V.	5.7.68	30,1	24,7

K a p u z i n e r k r e s s e

(I. Ernte 17 Tage nach Saat)

Ernte	Datum	% Rohprotein der TS	% Reinprotein der TS
I.	24.6.68	31,6	26,5
II.	27.6.68	29,8	24,7
III.	1.7.68	23,3	20,8
IV.	5.7.68	23,3	20,3
V.	8.7.68	23,0	20,5

M o h n

(I. Ernte 20 Tage nach Saat)

Ernte	Datum	% Rohprotein der TS	% Reinprotein der TS
I.	17.7.68	32,2	24,4
II.	22.7.68	30,9	23,8
III.	26.7.68	29,8	22,8
IV.	31.7.68	20,9	19,1
V.	6.8.68	16,6	16,1

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Hans Linser, für die Überlassung des Themas und die Freiheit bedanken, die er mir bei der Bearbeitung des mir gestellten Problems gewährte.

Mein Dank gilt auch Herrn Professor Dr. E. von Boguslawski, der mir die Durchführung eines Vegetationsversuches in den klimatisierten Gewächshäusern der Gefäßstation in Rausch-Holzhausen ermöglichte.

Ebenso danke ich Herrn Dr. H. Brettschneider für die Überwachung der praktischen Durchführung des Gefäßversuches.

Ich wurde am 12. März 1944 in Tilsit in Ostpreußen als zweite Tochter des Zollrates Willy Lach und seiner Ehefrau Charlotte, geborene Flach, geboren.

Von 1951 bis 1954 besuchte ich die Volksschulen in Königstein im Taunus und in Frankfurt am Main. Seit 1954 war ich Schülerin des Ziehen - Gymnasiums in Frankfurt am Main und bestand dort im Frühjahr 1963 das Abitur.

Nach einjähriger Praktikantenzeit war ich seit dem Sommersemester 1964 an der landwirtschaftlichen Fakultät der Justus Liebig-Universität in Gießen immatrikuliert.

Nach bestandenen Abschlußexamen der Haushalts- und Ernährungswissenschaften arbeitete ich seit Mai 1968 als Doktorantin im Institut für Pflanzenernährung der Justus Liebig-Universität Gießen.

Druck: Offset-Köhler KG, 63 Gießen, Grünberger Straße 113, Telefon 3 56 99

